

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS:

**Densidades de plantas en el rendimiento de dos variedades
de frijol vainita (*Phaseolus vulgaris* L.). Canaán,
2750 msnm - Ayacucho**

Para optar el título profesional de:
INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

Bach. Gustavo Teilhor LUQUE MENDEZ

ASESOR:

Dr. Lurquín Marino ZAMBRANO OCHOA

AYACUCHO - PERÚ

2025

DEDICATORIA

A Dios, por otorgarme la vida y la salud necesarias para materializar cada una de mis aspiraciones.

Con profundo cariño y agradecimiento a mis padres Marcelino Luque Torres y Claudia Méndez Gutiérrez; a mis hermanos Joel, Melitón y Alexander quiénes son cómplices en la progresión de mi vida profesional.

A mis estimados compañeros y respetados docentes, cuya dedicación en el aula y en el campo refleja su vasto conocimiento, y que, con el transcurrir del tiempo, continúan compartiendo su sabiduría.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi alma mater, la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, segunda universidad más antigua del Perú, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Agronomía por aceptarme, ser parte de ella y abrirme sus puertas para poder seguir con mi formación profesional y ciudadana.

A los profesores de la Escuela Profesional de Agronomía, por proporcionarme todos los saberes e instrucciones que favorecieron mi desarrollo profesional, quienes lograron proporcionarme las guías teóricas y científicas para obtener nuevos conocimientos y convertirme en un profesional apto.

Deseo manifestar también mi sincera gratitud y reconocimiento al Centro Experimental Canaán y su personal, que con su respaldo y conocimientos teóricos y prácticos aportaron en la ejecución y manejo del presente trabajo de investigación.

Agradezco al Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa, amigo y asesor de este trabajo, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico y sobre todo por la asesoría en el presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE GENERAL	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
MARCO TEÓRICO.....	3
1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.2. SOPORTES TÉCNICOS.....	7
1.2.1. Origen del cultivo de frijol vainita	7
1.2.2. Importancia del cultivo de frijol vainita.....	7
1.2.3. Clasificación taxonómica	9
1.2.4. Características botánicas	9
1.2.5. Habito de crecimiento.....	12
1.2.6. Fases del desarrollo de la planta	13
1.2.7. Etapas de las fases del cultivo.....	15
1.2.8. Requerimientos edafoclimáticos.....	17
1.2.9. Manejo agronómico del cultivo de vainita	19
1.2.10. Control fitosanitario	24
1.2.11. Cosecha	27
1.2.12. Variedades de frijol vainita	27
CAPÍTULO II.....	30
METODOLOGÍA.....	30
2.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	30
2.1.1. Ubicación política	30
2.1.2. Ubicación geográfica	30
2.1.3. Ubicación ecológica.....	30
2.2. ANTECEDENTES DEL TERRENO EXPERIMENTAL.....	30

2.3.	ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL SUELO	31
2.4.	COMPOSICIÓN FÍSICO Y QUÍMICO DE LA POLLINAZA	32
2.5.	CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS.....	32
2.6.	FACTORES EN ESTUDIO.....	35
2.7.	TRATAMIENTOS DE ESTUDIO.....	35
2.8.	DISEÑO EXPERIMENTAL	36
2.9.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	36
2.10.	CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL	37
2.11.	CROQUIS EXPERIMENTAL DE LOS TRATAMIENTOS.....	37
2.12.	UNIDADES EXPERIMENTALES.....	38
2.13.	VARIABLES DE EVALUACIÓN	39
	2.13.1. Variables de precocidad	39
	2.13.2. Variables de rendimiento	40
2.14.	INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO.....	41
	CAPÍTULO III.....	44
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
3.1.	VARIABLES DE PRECOCIDAD.....	44
	3.1.1. Días a la emergencia	44
	3.1.2. Días a la floración.....	45
	3.1.3. Días a la formación de vainas.....	46
	3.1.4. Días a la cosecha en vaina verde	47
3.2.	VARIABLES DE RENDIMIENTO	48
	3.2.1. Altura de planta.....	48
	3.2.2. Número de Vainas por planta	50
	3.2.3. Longitud de vainas	52
	3.2.4. Número de granos por vaina	54
	3.2.5. Peso promedio de 10 vainas	57
	3.2.6. Rendimiento en vaina verde.....	58
	3.2.7. Índice de cosecha.....	60
	4.2.8. Rentabilidad económica	62
	CONCLUSIONES	64
	RECOMENDACIONES.....	65
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
	ANEXOS	70

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1 <i>Composición nutricional de la vainita en 100 g de producto comestible.....</i>	8
Tabla 1.2 <i>Plagas que atacan la semilla y las plántulas.....</i>	24
Tabla 1.3 <i>Plagas afectadoras del follaje</i>	25
Tabla 1.4 <i>Principales enfermedades de las leguminosas de grano</i>	26
Tabla 2.1 <i>Análisis físico-químico de la muestra de suelo del campo experimental de Canaán a 2 750 msnm.....</i>	31
Tabla 2.2 <i>Composición Física de la pollinaza.....</i>	31
Tabla 2.3 <i>Composición Química de la pollinaza.....</i>	31
Tabla 2.4 <i>Temperatura Máxima, Media y Mínima, Precipitación y Balance hídrico de julio 2023 a junio 2024. Estación meteorológica de INIA-CANAÁN.....</i>	33
Tabla 2.5 <i>Tratamientos y combinaciones de los factores a estudiar</i>	36
Tabla 3.1 <i>Número de días a la emergencia de dos variedades de frijol vainita con tres densidades de plantas. Canaán, 2 750 msnm.</i>	45
Tabla 3.2 <i>Número de días a la floración de dos variedades de frijol vainita con tres densidades de plantas. Canaán, 2 750 msnm.....</i>	46
Tabla 3.3 <i>Número de días a la formación de vainas de dos variedades de frijol vainita con tres densidades de plantas. Canaán, 2 750 msnm.</i>	46
Tabla 3.4 <i>Número de días a la cosecha en vaina verde de dos variedades de frijol vainita con tres densidades de plantas. Canaán, 2 750 msnm.</i>	47
Tabla 3.5 <i>Análisis de variancia de la altura de planta en tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2750 msnm.....</i>	48
Tabla 3.6 <i>Análisis de variancia del número de vainas por planta en tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2750 msnm.</i>	50
Tabla 3.7 <i>Análisis de variancia de longitud de vainas en tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2750 msnm.....</i>	53
Tabla 3.8 <i>Análisis de variancia del número de granos por vaina en tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2750 msnm.</i>	55
Tabla 3.9 <i>Análisis de variancia del peso promedio de 10 vainas con tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2750 msnm.....</i>	57
Tabla 3.10 <i>Análisis de variancia del rendimiento en vaina verde con tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2750 msnm.....</i>	57

Tabla 3.11 <i>Análisis de variancia del índice de cosecha con tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2750 msnm.....</i>	61
Tabla 3.12 <i>Costos de producción, beneficio Bruto y Rentabilidad económica de los diferentes tratamientos en el cultivo de frijol vainita (Phaseolus vulgaris L.). Canaán, 2 750 msnm – Ayacucho, 2024.</i>	63

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 <i>Etapas de desarrollo de una planta de frijol</i>	15
Figura 2.1 <i>Temperatura Máxima, Media y Mínima, Precipitación y Balance hídrico de julio 2023 a junio 2024. Estación Meteorológica de INIA-CANAÁN</i>	38
Figura 2.2 <i>Croquis del campo experimental y distribución de los tratamientos</i>	38
Figura 2.3 <i>Croquis de la unidad experimental (d1)</i>	38
Figura 2.4 <i>Croquis de la unidad experimental (d2)</i>	38
Figura 2.5 <i>Croquis de la unidad experimental (d3)</i>	39
Figura 3.1 <i>Prueba de Tukey de los efectos simples de la altura de planta en tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2 750 msnm</i>	49
Figura 3.2 <i>Prueba de Tukey de los efectos simples del número de vainas por planta en tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2 750 msnm</i>	49
Figura 3.3 <i>Prueba de Tukey de los efectos principales para longitud de vainas en el frijol vainita con tres densidades de plantas. Canaán, 2 750 msnm</i>	58
Figura 3.4 <i>Prueba de Tukey de los efectos principales del número de granos por vaina de frijol vainita en tres densidades de plantas. Canaán, 2 750 msnm</i>	58
Figura 3.5 <i>Prueba de Tukey de los efectos principales del número de granos por vaina en dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2 750 msnm</i>	58
Figura 3.6 <i>Prueba de Tukey de los efectos principales del peso promedio de 10 vainas del frijol vainita en tres densidades de plantas. Canaán, 2 750 msnm</i>	58
Figura 3.7 <i>Prueba de Tukey de los efectos principales del rendimiento en vaina verde de frijol vainita con tres densidades de plantas. Canaán, 2 750 msnm</i> ...	59
Figura 3.8 <i>Prueba de Tukey de los efectos simples del índice de cosecha en tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2 750 msnm</i>	59

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Galería de fotografías	71
Anexo 2. Análisis de costos de producción por tratamiento.....	80
Anexo 3. Cuadro de registro y evaluaciones en campo.	86
Anexo 4. Resultados del análisis de suelos.....	90

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó cabo con el objetivo en determinar la influencia de tres densidades de plantas en el rendimiento de dos variedades de frijol vainita, en condiciones del Centro Experimental Canaán a 2 750 msnm. Se utilizó el diseño de Bloque Completo Randomizado (DBCR) con arreglo factorial 3D*2V; siendo D (250 000, 125 000 y 83 250 pl ha⁻¹); y V, variedad de frijol vainita: (Jade y Hamer), con 6 tratamientos y 3 repeticiones respectivamente; las variables evaluadas en el estudio incluyeron características de precocidad, como el número de días hasta la emergencia, la floración, formación de vainas y la cosecha en vaina verde. Asimismo, se analizaron características de productividad, entre ellas la altura de la planta, el número de vainas por planta, la longitud de vaina, el número de granos por vaina, peso promedio de 10 vainas, rendimiento en vaina verde, el índice de cosecha y la rentabilidad económica. Los resultados mostraron que la variedad Jade fue más precoz, con 5.8 días a la emergencia, a una densidad de 83 250 pl ha⁻¹; 33.3 días a la floración y 39.3 día a la formación de vainas a una densidad de 250 000 pl ha⁻¹. En relación a la productividad, la densidad de 83 250 pl ha⁻¹ presentó mejores resultados en altura de planta (49.15 cm), número de vainas por planta (17.33), longitud de vaina (18.47 cm), número de granos por vaina (7.64) y peso promedio de 10 vainas (12.38 g). Sin embargo, el mayor rendimiento en vaina verde se logró con una densidad de 250 000 pl ha⁻¹ (16 880.17 kg ha⁻¹), al igual que el índice de cosecha más alto para ambas variedades. En términos económicos, la variedad Hamer con densidades de 125 000 pl ha⁻¹ y 250 000 pl ha⁻¹ ofrecieron mayores rentabilidades, con 79.1% y 76.9%, respectivamente.

Palabras clave: Densidad de plantas, variedades, *Phaseolus vulgaris*, rendimiento.

ABSTRACT

This research was carried out to determine the influence of three plant densities on the yield of two varieties of string bean, under the conditions of the Canaán Experimental Center at 2,750 meters above sea level. A Randomized Complete Block Design (RCBD) with a 3D*2V factorial arrangement was used; where D represents 250,000, 125,000, and 83,250 pl ha⁻¹; and V represents string bean varieties (Jade and Hamer), with 6 treatments and 3 replicates, respectively. The variables evaluated in the study included earliness traits such as the number of days to emergence, flowering, pod formation, and green pod harvest. Productivity traits were also analyzed, including plant height, number of pods per plant, pod length, number of grains per pod, average weight of 10 pods, green pod yield, harvest index, and economic profitability. The results showed that the Jade variety was earlier, with 5.8 days to emergence, at a density of 83,250 pl ha⁻¹; 33.3 days to flowering and 39.3 days to pod formation at a density of 250,000 pl ha⁻¹. In relation to productivity, the density of 83,250 pl ha⁻¹ presented better results in plant height (49.15 cm), number of pods per plant (17.33), pod length (18.47 cm), number of grains per pod (7.64) and average weight of 10 pods (12.38 g). However, the highest green pod yield was achieved at a density of 250,000 pl ha⁻¹ (16,880.17 kg ha⁻¹), as well as the highest harvest index for both varieties. In economic terms, the Hamer variety, with densities of 125,000 pl ha⁻¹ and 250,000 pl ha⁻¹, offered higher returns, with 79.1% and 76.9%, respectively.

Keywords: Plant density, varieties, *Phaseolus vulgaris*, yield.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el frijol vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) no es un cultivo destacado en cuanto a volumen de producción a nivel mundial, pero posee un valor nutricional considerable. Es una fuente importante de proteínas (2-3 %), fibra (2.3 %), carbohidratos (8.1 %) y contiene bajos niveles de grasa (0.2-0.4 %). Además, aporta vitaminas (ácido ascórbico, niacina, tiamina y riboflavina), minerales (potasio, calcio, fósforo y hierro) y aminoácidos esenciales (leucina, isoleucina, valina y lisina) (Lozano, 2024).

La estadística de producción nacional de frijol vainita es alrededor de 22 241 toneladas anuales, en 2 579 hectáreas, con un rendimiento nacional promedio anual de 8.13 t ha⁻¹.; sin embargo, la vainita que se consume en el país proviene mayormente de los departamentos de Tacna (7.3 t ha⁻¹); Lima (7.63 t ha⁻¹); Arequipa (11.5 t ha⁻¹); Ica (13.25 t ha⁻¹); y La libertad (13.4 t ha⁻¹). Ayacucho registra 19 hectáreas de cultivo con un rendimiento de 5.84 t ha⁻¹ (MIDAGRI, 2024).

La vainita es un tipo de fruto que se consume en su etapa inmadura o cuando está recién formado. En su faceta de hortaliza, el frijol vainita es un alimento muy apreciado por su alto valor nutricional y beneficios dietéticos gracias a su gran sabor y facilidad de digestión (Justo, 2017).

Las vainitas son un cultivo adaptable a diferentes suelos y climas, con un ciclo de vida corto, lo que las hace aptas para sistemas de rotación de cultivos. Su cosecha requiere un arduo trabajo manual, lo que genera empleo en la comunidad.

Las leguminosas en general, y el frijol vainita en particular, poseen características que benefician el suelo, dado que captura nitrógeno mediante bacterias del grupo *Rhizobium* y puede servir como un gran abono orgánico gracias a su elevada biomasa; ofreciendo múltiples ventajas como controlar la humedad y temperatura. (Mori, 2017).

Este cultivo es ideal a temperaturas entre 10 y 26 °C, con un rango óptimo de 13 a 22 °C, presentes entre 1 200 y 2 400 msnm., y también puede cultivarse en la selva y ceja de selva (Lozano, 2024).

El rendimiento de los cultivos puede verse influenciado por factores como el manejo agrícola, el genotipo de la planta y las condiciones ambientales. Estudiar estos componentes es esencial para comprender las razones detrás de las variaciones en la productividad de los cultivos. Por lo tanto, para Calero et al., (2021), la densidad de plantas es crucial en investigaciones agrícolas porque directamente influye en el rendimiento y la productividad de un cultivo. Y para Miranda et al., (2016), otro factor muy importante en el rendimiento productivo son las diferentes variedades en estudio, porque permiten estudiar la influencia de la genética en características como la resistencia a plagas, la adaptación a diferentes suelos y climas, el rendimiento productivo y la calidad del producto.

Por lo tanto, la problemática de los bajos rendimientos en el cultivo en la región plantea la necesidad de optimizar prácticas agrícolas fundamentales. Entre estas, destacan el manejo eficiente de la densidad de plantas y la adecuada selección de variedades, factores que influyen de manera significativa en el rendimiento productivo. Por ello, surge el presente trabajo de investigación, que se propone analizar y evaluar estrategias agronómicas enfocadas en mejorar el rendimiento adaptadas a las condiciones locales.

Objetivo general

Evaluar el efecto de la densidad de plantas y las variedades en el rendimiento en vaina verde de frijol vainita, Canaán, 2750 msnm, Ayacucho, 2024

Objetivos específicos

1. Determinar la influencia de la densidad de plantas en el rendimiento de vaina verde en dos variedades de frijol vainita.
2. Determinar la influencia de las variedades en el rendimiento en vaina verde de frijol vainita.
3. Determinar el análisis de rentabilidad económica de los tratamientos.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la investigación

Justo (2017), en su investigación titulada “Distanciamientos de siembra y la fertilización en el rendimiento del frijol vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad jade en condiciones edafoclimáticas del Instituto de Investigación olerícola Frutícola Huánuco 2016” señala lo siguiente:

La prueba de hipótesis fue con el diseño experimental de Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con 4 repeticiones, 4 tratamientos con un total de 16 unidades experimentales. Las observaciones realizadas fueron longitud de vainas, vainas por planta y rendimiento por área neta experimental y estimación a hectárea, siendo las técnicas del análisis de contenido y la observación y los instrumentos las fichas y libreta de campo. Los resultados permiten concluir que existe efecto significativo de los diferentes distanciamientos de plantas en longitud de vainas, vainas por planta donde con una densidad de $D3 = 85\ 714\ \text{pl. ha}^{-1}$ (1.0 m entre sucros, 0.35m entre golpes y 3 plantas/golpe), más 50-80-90 de NPK y con la adición de compost a un nivel de $5\ 000\ \text{kg. ha}^{-1}$, reportó 10,65 cm y 28,25 vainas por planta, respectivamente. Para el caso del rendimiento, con una densidad $D1 = 107\ 143\ \text{pl. ha}^{-1}$ (0.8m entre surcos, 0.35m entre golpes y 3 plantas/golpe), más 50-80-90 de NPK y compost a un nivel de $5\ 000\ \text{kg. ha}^{-1}$ reportó $17\ 482.14\ \text{kg. ha}^{-1}$, seguido de la densidad $D2 = 95\ 237\ \text{pl. ha}^{-1}$ (0.9m entre sucros, 0.35m entre golpes y 3 plantas/golpe), más 50-80-90 de NPK y compost a un nivel de $5\ 000\ \text{kg. ha}^{-1}$, registró $16\ 198.41\ \text{kg. ha}^{-1}$.

En la investigación de Jaimes (2019), sobre “Distanciamientos de siembra en el rendimiento de frijol vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad jade en condiciones edafoclimáticas de Cayhuayna Huanuco” determinó lo siguiente:

No existe diferencias estadísticas significativas entre los distanciamientos de siembra en los parámetros de número de vainas por planta, número de granos por vaina con una densidad de plantas de (85 714 pl. ha⁻¹) con un distanciamiento Ds= 1,00 x Dg = 0,35 x 3 con 14,14 vainas y 7.64 granos por vaina, respectivamente, y con la densidad de plantas de (95 237 pl. ha⁻¹) con un distanciamiento Ds= 0,90 x Dg = 0,35 x 3 con 7,65 granos por vaina superando al testigo y existe efecto significativo de la mayor densidad poblacional de 122 443 pl. ha⁻¹ con el distanciamiento Ds= 0,70 x Dg = 0,35 x 3 a razón de 448.75 gramos por área neta experimental y 2 289.54 kg. ha⁻¹, respecto a la menor densidad poblacional de 85 714 pl.ha⁻¹ con un distanciamiento Ds= 1,00 x 0,35 x 3 quien reportó 538,75 gramos y 1 924.1 kilos por hectárea (p.4).

Cepeda (2012), en su investigación “Adaptación y densidad de siembra del frijol vainita (*Phaseolus vulgaris L.*) de comportamiento erecto variedad jade en la zona de Babahoyo”, ubicado en Montalvo, Provincia de Los Ríos - Ecuador reportó que:

El ensayo consistió, en la adaptación y densidad de siembra del frijol vainita *Phaseolus vulgaris L.*, de comportamiento erecto variedad Jade en la zona de Babahoyo. Utilizando cuatro distancias de siembra; T1 = 25 x 30 cm entre plantas e hileras respectivamente, con una densidad de 266.666 pl. ha⁻¹; T2 = 30 x 30 cm entre plantas e hileras, mostrando una densidad de 222.222 pl. ha⁻¹; T3 = 30 x 40 cm entre plantas e hileras, empleando 166.666 pl. ha⁻¹ y T4 = 30 x 50 cm entre plantas e hileras, utilizando una densidad de 133.333 pl. ha⁻¹; con la finalidad de: determinar la adaptación del cultivo de frijol vainita de comportamiento erecto, variedad Jade en la zona de Babahoyo; identificar la densidad más apropiada y realizar un análisis económico de la producción.

En esta investigación, el T2 con un distanciamiento de 30 x 30 cm, con dos semillas por golpe o sitio, con una población de 222.222 pl. ha⁻¹ demostraron ser superiores en rendimiento, no existiendo relación con las recomendadas. La producción del frijol vainita variedad Jade fue de 12,75 t. ha⁻¹, mientras que el T1, T3 y T4 con un distanciamiento de 25 x 30cm, 30 x 40 cm y 30 x 50 cm tuvieron rendimientos de 10.48, 7.43 y 6.09 t. ha⁻¹ respectivamente.

Por otra parte, Huaraya (2014), en su investigación “Efecto de cuatro niveles de fertilización nitrogenada y tres densidades de siembra en la producción de vainita

(*Phaseolus vulgaris*) en la comunidad Vilaque Puya Puya de la provincia Muñecas”, señaló que:

Se eligieron los siguientes factores; Factor A: Nivel de Fertilización nitrogenada en kg/ha (0, 40, 80, 120) y Factor B: Densidades de siembra (Distancias entre surcos); 30, 40 y 50 cm. Se empleó el diseño de bloques completos aleatorios con arreglo en parcelas divididas, con el Factor Fertilización en parcela mayor y el factor Densidades como parcela menor. Se han obtenido efectos significativos en los factores Densidad, Nitrógeno y su interacción, en cuanto a la interacción el mayor peso de vaina verde y el mayor rendimiento se dio con la dosis de 120 kgN/ha y rendimientos promedio de densidades de 30 cm (21 106.6 Kg/ha) y 40 cm (19 879.7 Kg/ha).

Asimismo, Quispe (2017), reportó en su investigación “Comportamiento agronomico del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) con la aplicacion de tres niveles de estiercol de ovino a diferentes densidades de siembra en la provincia Loayza La Paz” que:

El estudio se realizó en los predios de la comunidad Lacaya, municipio de Sapahaqui, provincia Loayza, a 160 km de la Ciudad de La Paz, entre los paralelos 17°4'41,24" de latitud sur y 67°46'33,20" Longitud Oeste, a una altitud media de 3203 m.s.n.m. donde los objetivos fueron: Evaluar el comportamiento agronómico de la vainita con la aplicación de tres niveles de estiércol de ovino a diferentes densidades de siembra. El material vegetal fue semilla de vainita de la variedad Bush blue lake 274, se usó el diseño de bloques al azar con arreglo bifactorial, los factores fueron tres niveles de estiércol más un testigo (0 kg/m², 1 kg/m², 2 kg/m², 3 kg/m²) en tres densidades de plantas (666 666, 500 000 y 400 000 pl. ha⁻¹) con distanciamientos de siembra (10x30, 10x40, 10x50), respectivamente; Las variables de respuesta fueron; días a la emergencia, días a la floración, días a la cosecha, altura de planta, número de vainas por planta, longitud de vaina por planta, peso de vaina verde por planta, rendimiento en vaina verde, Análisis Económico. Como resultados se obtuvieron efectos no significativos en los factores variedad y densidad sobre los días a la emergencia, en cuanto a los días a la floración se obtuvieron efectos altamente significativos en el factor B (niveles de abono), respecto a la altura de planta se obtuvieron efectos altamente significativos en el factor (A) distancia entre surcos, donde el mayor promedio de altura de planta se da con d3 =0.5m con 41,24 cm, En la variable días a la cosecha,

se tomaron datos de la primera cosecha en la cual se ha evidenciado que no hay efectos significativos en los días a la cosecha en el factor A y factor B, En cuanto al número de vaina por planta, el factor (A) no fue significativo, el factor (B), fue altamente significativo, la cual llegó a 18,72 vainas por planta, con respecto a la longitud de vaina en la cosecha, la interacción entre el factor (A) y el factor (B) obtuvieron resultados altamente significativos (0,5 m con 3 Kg/m²), dando vainas de 12,92 centímetros, En cuanto al peso de vainas por planta como mejor tratamiento para obtener las vainas con mayor peso el T6, (0,4 m con 1 Kg/m²), dando pesos de vainas de 104,02 g, el análisis económico realizado en el cultivo de vainitas muestra que el tratamiento T1 (0,3 m y 0 Kg/m²); presentó una relación B/C de 2,77 Bs presentando una utilidad de Bs. 1,77 por cada boliviano invertido.

Lozano (2024), en su trabajo de investigación “Densidad de plantas y niveles de gallinaza en el rendimiento de vainita (*Phaseolus vulgaris L.*). San Francisco-La Mar-Ayacucho”, informa que:

El trabajo de investigación se realizó en el distrito de Ayna-San Francisco, provincia de La Mar, región Ayacucho, a una altitud de 620 msnm entre los meses de agosto y octubre de 2022, con el objetivo de determinar la influencia de la densidad de plantas y niveles de gallinaza en el rendimiento y rentabilidad de vainita cultivar Jade. Se evaluó altura de planta, número de vainas por planta, longitud de vaina, peso de vainas por planta y rendimiento de vainas. Se utilizó el Diseño Bloque Completo al Azar, con arreglo factorial de 2D x 4G con 8 tratamientos por bloque y 3 repeticiones. Las labores de cultivo fueron similares que un cultivo comercial. Se concluye que: hubo efecto lineal positivo de los niveles de gallinaza en el rendimiento de vainita, el mayor rendimiento se obtuvo con 6 t. ha¹ de gallinaza con 11 283.82 t ha⁻¹ de vainita. También, 6 t ha⁻¹ de gallinaza arrojó mayor peso de vainas por planta con 83.57 g/planta; mayor peso de vaina con 7.05 g/vaina, mayor longitud de vaina con 15.70 cm y mayor altura de planta. La densidad de plantas no tuvo efecto en el rendimiento de vainas, sin embargo, influyó en la longitud de vainas, la densidad d2 = 142,857 plantas.ha⁻¹ alcanzó 15.55 cm. El tratamiento 214 286 plantas y 6 t. ha⁻¹ de gallinaza alcanzó la mayor relación beneficio/costo con 3.5 %, seguido de 142,857 plantas con 4 t ha⁻¹ de gallinaza y sin aplicación de gallinaza.

1.2. Soportes técnicos

1.2.1. Origen del cultivo de frijol vainita

Según Verde (2022), el grupo de plantas del género *Phaseolus* tienen su origen en el continente americano, y muchas de sus variedades se localizan en la región de Mesoamérica y en la parte oriental de la cordillera de los Andes en Sudamérica como el sur de México, Guatemala, Honduras y Costa Rica (p.19).

Por otra parte Debouck e Hidalgo (1985), señalan que el frijol es considerado uno de los cultivos más antiguos según sus hallazgos arqueológicos (5 000 años antes de la era cristiana), y que su posible centro de origen es por el Centro o Sur de América. Siendo estos lugares en su mayoría identificados como los puntos de inicio, o al menos, como áreas de diversidad principal, tomando en cuenta otra fuente que recoge evidencia sobre su presencia en los hallazgos arqueológicos de Tehuacán, Huaca prieta y los valles de Nazca, desde hace 7 000 años, 2 000 años y 2 500 años respectivamente (p.7).

Asimismo, Valladolid (2001) señala que no se conoce con precisión el lugar de origen del frijol. Sin embargo, es indiscutible que se trata de una especie nativa de América. Las variedades silvestres fueron el origen de la moderna planta cultivada que se encuentran desde México hasta Argentina. Tanto los frijoles silvestres como los domesticados en América Central y del Sur presentan características morfológicas que sugieren la existencia de dos grandes áreas de domesticación. (p.9).

Para Mori (2017), el frijol tiene un origen americano y su domesticación se remonta a la época precolombina, extendiéndose desde Canadá hasta Chile, donde se cultivaba en diversas formas (p.2).

1.2.2. Importancia del cultivo de frijol vainita

El frijol vainita (*Phaseolus vulgaris L.*) es un cultivo que tiene gran valor en todo el mundo. El rol del frijol vainita en el conjunto de las verduras se define mayormente por su costo, calidad y su idoneidad con los alimentos esenciales de la alimentación (Almonte, 2017).

Señala también que ciertas legumbres, como el frijol vainita, pueden ser una fuente considerable de proteínas en la dieta debido a su bajo costo comparado con las proteínas de origen animal. Además, su cultivo ofrece beneficios adicionales,

como la fijación de nitrógeno en el suelo mediante una simbiosis con bacterias del grupo *Rhizobium*, y al aumentar la cantidad de proteínas en las plantas, la biomasa que queda tras la cosecha puede ser utilizada como residuo. Los tallos se integran en el suelo, lo cual ayuda a mejorar tanto la fertilidad como la estructura del mismo.

Asimismo, Quispe (2017) indica que el valor actual de la vainita radica en ser un cultivo principalmente hortícola. Se cosechan antes de que sus semillas alcancen la madurez completa y en su etapa de vainas jóvenes ideales para el consumo, y también se puede ingerir como grano seco. En el continente americano, el cultivo de vainita es característico de pequeños agricultores y representa una forma de subsistencia al proporcionar proteína de origen vegetal (p.3).

Huaraya (2013) afirma que el frijol vainita (judía) se consume en fresca y es una de las verduras más relevantes, ocupando el séptimo puesto entre las 22 más cultivadas.

Tabla 1.1

Composición nutricional de la vainita en 100 g de producto comestible

COMPONENTE	CANTIDAD
Calorías	37,0
Agua	88,2 g
Proteínas	2,4 g
Carbohidratos	8,1 g
Fibra	2,3 g
Cenizas	1,0 g
Potasio	209 mg
Calcio	88,0 mg
Fosforo	49,0 mg
Hierro	1,4 mg
Vitamina A	317,0 UI
Vitamina B1 (tiamina)	0,07 mg
Vitamina B2 (riboflavina)	0,2 mg
Niacina	0,71 mg
Vitamina C (ácido ascórbico)	9,6 mg

Fuente: (Verde, 2022, p.24)

1.2.3. Clasificación taxonómica

De acuerdo a Cronquist (1988), la clasificación botánica del frijol vainita es la siguiente:

Reino : Plantae

División : Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsidae

Subclase: Rosidae

Orden : Fabales

Familia : Fabaceae (Leguminosae)

Subfamilia : Papilionoideae

Tribu : Phaseoleae

Género : Phaseolus

Especie : *Phaseolus vulgaris*

Sinonimia: Vainita, habichuela, poroto verde, chaucha, judías, green bean, snap bean.

1.2.4. Características botánicas

a) Raíz

Toledo (2003) indica que el sistema de raíces comienza con una radícula, que posteriormente se transforma en la raíz principal o raíz pivotante. La característica más destacada es su grosor y su posición en la parte inferior del tallo. Este sistema de raíces es poco profundo, concentrándose en la zona cercana a la base del tallo, donde bajo condiciones adecuadas, las raíces pueden extenderse más de un metro en el terreno (p.8).

Asimismo, Valladolid (2001) señala que el frijol vainita cuenta con una abundante cantidad de raíces secundarias, terciarias y cuaternarias. Debido a su clasificación como papilionoide, presentando nódulos en la sección superior y media de las raíces que, a través de su relación simbiótica con la bacteria *Rhizobium phaseoli*, se encargan de captar nitrógeno del aire (p. 6-7).

b) Tallo

Para Valladolid (2001), el tallo es la parte principal de la planta y está formado por una serie de nudos y espacios entre ellos. Además, el tallo tiene un grosor mayor que el

de las ramas y puede crecer de manera vertical, semiprostrado o prostrado, lo cual dependerá del tipo de crecimiento de la variedad (p. 15).

El tallo de la vainita es no leñoso, con forma cilíndrica o ligeramente angular. El grosor del tallo central supera al de las ramas secundarias. El tallo suele ser erguido, presentando diferencias de acuerdo con el modo de crecimiento de la variedad (Toledo, 2003, p. 9).

Asimismo, Debouck e Hidalgo (1985) señalan que el tallo al comienzo de la etapa de reproducción de la planta culmina en una agrupación floral (racimo).

c) Hojas

Toledo (2003) indica que las hojas de la vainita se clasifican en dos categorías: simples y compuestas, las cuales se encuentran unidas a los nudos de los tallos y ramas laterales a través de sus pecíolos.

Las hojas primarias son simples y se localizan en el segundo nudo del tallo principal; presentan una disposición opuesta, con forma de corazón, son unifoliadas y acuminadas, además de tener estípulas divididas.

Las hojas compuestas son trifoliadas y aparecen a partir del tercer nudo del tallo principal y en las ramas laterales; además, están formadas por tres folíolos, un pecíolo y un raquis (pp. 11-12).

Asimismo, Debouck e Hidalgo (1985) indican que en estos nudos siempre se encuentran estípulas que constituyen un carácter importante en la sistemática de las leguminosas (p.30).

d) Inflorescencia

Robles y Santiago (2019) señalan que la inflorescencia consiste en un conjunto de racimos (racimo principal formado por racimos secundarios), que dan lugar a un complejo de yemas. En cada inflorescencia se pueden identificar tres elementos principales: el tallo de la inflorescencia, que incluye el pedúnculo y el raquis; las brácteas; y las yemas florales (p. 15).

e) Flor

Espinoza (2021) señala que la flor del frijol vainita es simétrica en ambos lados. El pedicelo es glabro o casi glabro, con un gloquidio y una pequeña bráctea pedicelánea en la base.

El cáliz presenta una forma similar a una campana y es gamósepalo, compuesto por cinco picos triangulares que se organizan como un labio, junto con dos superiores totalmente. La parte de arriba está fusionada y la inferior exhibe tres más. En la base del cáliz se encuentran dos pequeñas brácteas verdes, de forma ovalada y con numerosas venas, que siguen presentes poco tiempo después de que la flor se abre. El pétalo se compone de cinco lóbulos con apariencia de mariposa, donde tres de ellos no están unidos entre sí. Se puede observar el estándar que es liso, simétrico, con apéndices amplios y extendidos en el interior, además de contar con dos alas y una quilla que tiene una forma de espiral muy cerrada (p. 18).

De acuerdo con Debouck e Hidalgo (1985), la flor de frijol es típica de una papilionácea, de simetría bilateral, donde durante el proceso de desarrollo de esta flor se pueden distinguir dos estados: el botón floral y la flor completamente abierta (p.27).

f) Fruto

El fruto de esta planta leguminosa consiste en una vaina que cuenta con dos valvas, las cuales provienen de un ovario comprimido. En la conexión de las valvas, se distinguen dos suturas, una llamada sutura dorsal o placentaria y la otra conocida como sutura ventral. Los óvulos, que se convertirán en semillas, se encuentran en la sutura placentaria, dispuestos de manera alterna en las dos valvas, resultando en un fruto prácticamente indehiscente. (Toledo, 2003, pp.13-14).

Valladolid (2001), indica que la existencia de costuras y fibras en la válvula provoca la separación, siendo un rasgo morfológico relevante en agricultura que se puede usar para diferenciar especies. Las costuras fibrosas y los pliegues de la válvula suelen abrirse cuando la cosecha alcanza la madurez. Además, las variedades con estas características de vainas son adecuadas para cosechar como forraje seco (p.17).

g) Semilla

Toledo (2003) señala que las semillas no presentan endospermo cuando alcanzan la madurez, además poseen una forma reminiscentemente renal. Las partes externas más relevantes de las semillas de frijol incluyen la testa o envoltura, el hilum, el micropilo y el rafe. La testa de la semilla se asemeja a la cáscara de un huevo. El cordón umbilical es una marca que une la semilla a la placenta.

El micropilo se ubica como una abertura en la envoltura de la semilla, próxima al montículo; su función primordial es la absorción de agua, y el rafe resulta de la fusión entre el tallo y la capa externa del ovario (p.13).

1.2.5. *Habito de crecimiento*

Debouck e Hidalgo (1985) sostienen que, de acuerdo con las características de crecimiento, comportamiento y clasificación, se definen cuatro tipos de hábito de crecimiento de frijol, que pueden ser:

Tipo I. determinado arbusto o erecto

Se distingue por el hecho de que, al comienzo de la fase reproductiva, el tallo principal y las ramas secundarias se mantienen en posición vertical y concluyen en grupos de flores (inflorescencias). Las flores se encuentran en las axilas de las hojas, y los internodos son breves. También es común que los tallos y las ramas cesen su crecimiento.

La duración de la floración es breve; casi todas las vainas alcanzan la madurez al mismo tiempo, lo que marca el fin de la época de crecimiento.

Tipo II. Indeterminado arbusto o semitrepador

Las plantas que crecen de manera continua presentan tallos rectos con suficiente espacio para subir. A pesar de contar con un soporte corto al final, las ramas no establecen guías. Las flores se encuentran en las axilas y poseen entrenudos breves. La distinción radica en que están en periodo de floración, continuando su crecimiento gradualmente.

Tipo III. Indeterminado postrado o semipostrado

La planta se desarrolla tumbada, con un sistema de ramificación lateral muy desarrollado, un tallo central y numerosas ramas laterales. Los extremos pueden trepar, sobre todo si hay un soporte presente. Los entrenudos son más largos que los de la parte

baja del tallo de la planta, y el tronco junto con algunas ramas laterales no están cubiertos por el cultivo.

Tipo IV. Indeterminado trepador

Son plantas enredaderas específicas que se desarrollan en siembras intercaladas que necesitan apoyo con estacas. Presentan un grupo de flores en la parte superior, no finalizan con una inflorescencia, florecen en las axilas de las ramas laterales y poseen entrenudos alargados. La altura de la especie puede llegar hasta 2 metros y la fase de floración puede extenderse por varias semanas.

Este tipo tiene 2 subgrupos:

Tipo IV a. Trepador erecto

Se caracteriza por su ramificación y productividad, la carga de las vainas se distribuye a lo largo de toda la planta.

Tipo IV b. Trepador vigoroso

Se caracteriza porque tiene ramificación y la producción con la carga de vainas se encuentran localizadas en la parte superior de la planta.

1.2.6. Fases del desarrollo de la planta

Para Mori (2017), el frijol vainita comienza su desarrollo con la etapa vegetativa, que abarca desde la germinación hasta el surgimiento de los primeros botones de flores. Luego, la fase de reproducción donde da inicio en la prefloración, sigue con la floración y concluye con la formación de vainas.

En esta fase final, la planta empleará toda su energía en la producción de sus vainas o frutos (p.11-12).

Fase vegetativa (V)

El periodo vegetativo inicia en el momento en que las semillas están preparadas para germinar y concluye cuando emergen los primeros botones de flores en variedades de crecimiento determinado, o cuando se observa el primer grupo de botones florales en las de crecimiento indeterminado. En esta etapa, se forman las estructuras vegetativas que son esenciales para la puesta en marcha de la actividad reproductiva de la planta. Durante

esta fase, el crecimiento de los meristemas terminales tanto del tallo como de las ramas da lugar a nudos que originan complejos axilares, fomentando así un desarrollo más avanzado (Fernández et al., 2004, p.34).

Asimismo, Escalante, et al., (1993) citado en Mori (2017) señala las siguientes etapas dentro de la fase vegetativa:

- Etapa V-0. De germinación
- Etapa V-1. De emergencia
- Etapa V-2. De hojas primarias
- Etapa V-3. De primera hoja trifoliada
- Etapa V-4. De tercera hoja trifoliolada.

Fase reproductiva (R)

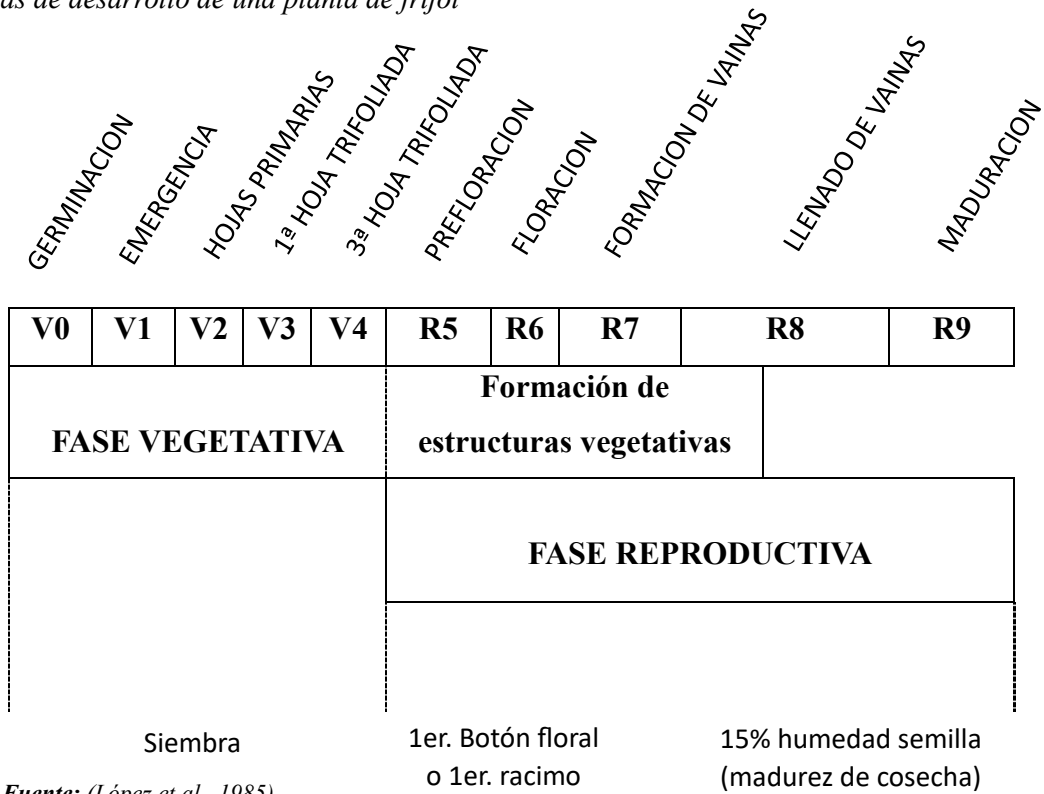
Este proceso se sitúa entre la aparición de los botones florales o racimos florales y la madurez de la cosecha. En especies de crecimiento indeterminado, la formación de partes vegetativas sigue su curso incluso después de que se concluye lo que se conoce como la etapa vegetativa, lo que posibilita que la planta genere a la vez hojas, ramas, tallos, flores y frutos (Fernández et al., 2004, p.35).

Según Escalante, et al., (1993) citado en Mori (2017), señala las siguientes etapas:

- Etapa R-5. De prefloración
- Etapa R-6. De floración
- Etapa R-7. De formación de vainas
- Etapa R-8. De llenado de las vainas.
- Etapa R-9. De maduración.

Figura 1.1

Etapas de desarrollo de una planta de frijol



1.2.7. Etapas de las fases del cultivo

a) Fase vegetativa

Carita (2016) conceptualiza a las etapas de la siguiente manera:

I. Etapa V0: Germinación

Inicia cuando las semillas poseen la humedad adecuada para iniciar el proceso de germinación. En nuestras circunstancias, desde el momento de la siembra, la semilla capta agua que luego facilita la aparición de la radícula, la cual se transforma en la raíz principal.

II. Etapa V1: Emergencia

Inicia cuando los cotiledones emergen en la superficie del suelo. La fase de brote de los cultivos leguminosos arranca cuando la mitad de la población anticipada muestra los cotiledones en el nivel del suelo y concluye al lograr la expansión total de las hojas primarias.

III. Etapa V2: Hojas primarias

Inicia cuando se forman las hojas primarias de la planta. Para los cultivos, se establece el comienzo de esta fase cuando la mitad de las plantas muestran esta propiedad.

En este momento, las hojas simples primarias logran su tamaño máximo. Los cotiledones cambian de forma, se curvan y presentan arrugas, y culmina cuando la primera hoja trifoliada se ha expandido por completo.

IV. Etapa V3: Primera hoja trifoliada

Inicia cuando la mitad de las plantas del cultivo ha desplegado por completo la primera hoja trifoliada y los folíolos están situados en un plano horizontal debajo de la hoja principal. Concluye cuando se despliega la tercera hoja trifoliada; al finalizar esta fase, se puede observar la primera hoja trifoliada, la segunda hoja trifoliada ya expandida y los cotiledones marchitos o caídos sobre las hojas primarias.

V. Etapa V4: Tercera hoja trifoliada

El comienzo de esta etapa se define por la formación de la tercera hoja trifoliada en el 50% de las plantas del cultivo. Se observa que estas hojas se encuentran por debajo de la primera y segunda hojas trifoliadas. Durante esta fase, es posible identificar diversas estructuras vegetativas, como tallos, ramas y demás hojas trifoliadas.

En términos generales, esta fase es la más prolongada dentro del periodo vegetativo. El inicio de la etapa R5 señala la conclusión de la etapa V4.

b) Fase reproductiva

I. Etapa R5: Prefloración

Comienza cuando se presenta el primer grupo de flores o inflorescencias en el 50% de las plantas sembradas. Durante las primeras fases de crecimiento, los grupos florales pueden parecerse a las ramas, sin embargo, las inflorescencias que poseen brácteas y bractéolas son redondeadas. En contraste, las ramas tempranas cuentan con hojas y pecíolos que son planos y con forma triangular, culminando esta etapa cuando las flores comienzan a abrirse.

II. Etapa R6: Floración

Comienza cuando el 50% de las plantas del cultivo producen sus primeras flores abiertas. La primera flor que se abre corresponde al primer botón floral que aparece. Cuando las flores son fertilizadas, la corola se marchita y las vainas comienzan a desarrollarse. A medida que estas vainas crecen, los pétalos marchitos se caen.

III. Etapa R7: Formación de las vainas

Comienza en el momento en que la mitad de las plantas de un cultivo muestran la primera vaina con la corola de la flor colgando o recién caída.

La vaina mide entre 2 y 2,5 cm de longitud al momento de la caída de la corola y su crecimiento longitudinal continúa durante unos 10 a 15 días con un escaso aumento en el tamaño de las semillas. Una vez que las valvas logran su tamaño final y peso óptimo, se da inicio al llenado de las vainas (p.25).

IV. Etapa R8: Llenado de las vainas

Inicia cuando la mitad de las plantas en el cultivo comienzan lo que marca el inicio del desarrollo activo de las semillas. Las vainas contienen brotes que están relacionados con las semillas en crecimiento.

V. Etapa R9: Maduración

Este es el último paso en el proceso de crecimiento y se distingue por el inicio de la formación de vainas en la planta, las cuales alteran su color y se desecan. Esta fase de cultivo arranca cuando la mitad de las vainas iniciales de las plantas empieza a mostrar cambios en su color y a secarse.

1.2.8. Requerimientos edafoclimáticos

a) Temperatura

Para Mori (2017), la variedad de frijol vainita prospera más en climas cálidos de (18-29 C°). No soportan las heladas, ya que su crecimiento, reproducción y la calidad de la vaina se ven perjudicados con temperaturas de 10°C o menos (p.29).

Asimismo, Carrillo (2018) indica que la vainita se desarrolla mejor en climas cálidos y templados, con temperaturas ideales entre 18°C y 24°C. Considerando que esta planta necesita al menos entre 10 °C y 12 °C para germinar. Entre 15 °C y 18 °C es necesario para la etapa de floración, y de 18 °C a 20 °C se requiere para el proceso de llenado de vainas, que es cuando se forma el grano (p.23).

Por otra parte, Jaimes (2019) señala que para lograr una germinación uniforme y adecuada se requieren temperaturas por encima de 14 °C. El frijol es una especie anual

que prospera en climas cálidos y es vulnerable a temperaturas extremas. Las temperaturas ideales oscilan entre 15 °C y 24 °C, variando según la variedad que se quiera cultivar (p.27).

Estudios llevados a cabo en diversas localizaciones indican que la temperatura óptima para alcanzar la mayor producción de frijol vainita oscila entre los 15°C y 27 °C durante la noche y el día. En condiciones cercanas a los 35 °C, no se forman vainas. (Espinoza, 2021, p.17)

b) Humedad relativa

Toledo (2003) señala que la vainita se desarrolla adecuadamente cuando la humedad ambiental se encuentra entre 65% y 75%, siendo este factor esencial, sobre todo en las fases de floración y desarrollo de vainas. Climas excesivamente secos y cálidos pueden impactar negativamente esas dos fases del crecimiento, provocando una aceleración en la floración y disminuyendo el número de flores y vainas producidas (p.15).

Por otra parte, Espinoza (2021) nos indica que la vainita prefiere una humedad relativa del aire entre 70 y 80% (p.12).

c) Luz

Según Bosque (2016), la luz desempeña un papel crucial en la fotosíntesis, además de influir en la fenología y la morfología de las plantas. Dado que el frijol es una especie de días cortos, los días más largos suelen provocar un retraso en la floración y la maduración. Cada hora adicional de luz diaria puede demorar la maduración entre dos y seis días (p. 71).

Sin embargo, Toledo (1995), citado en Mori (2017), menciona que la iluminación no representa la restricción para el desarrollo ideal de la planta. Además, la formación o especialización de flores y el crecimiento de las vainas no depende de la duración del día, lo que significa que es un fotoperíodo neutro. Se obtiene un sobresaliente rendimiento tanto en calidad como en cantidad bajo condiciones de poca luz (p. 17).

d) Agua

Toledo (2003) señala que la existencia de sales o sustancias nocivas en el agua utilizada para el riego puede impactar de manera significativa el desarrollo de este cultivo. La vainita muestra una vulnerabilidad especial frente a la toxicidad ocasionada por niveles elevados de boro en el agua, con un exceso proyectado de alrededor de 0,5 a 1 ppm (p. 18).

Para Guzman (2019), la escasez de agua puede impactar gravemente la productividad, especialmente durante los periodos de floración, formación y llenado de vainas. Así como también un exceso de humedad puede interferir con el crecimiento de la planta, aumentando la posibilidad de enfermedades (p. 12).

e) Suelo

Las vainitas crecen bien en suelos franco arenosos y francos arcillosos. Esta especie es susceptible a la salinidad, y los cultivos se ven comprometidos si la conductividad del suelo excede 2 dS/m. El rango óptimo de pH para estas plantas es de 6,0 a 7,5. Los terrenos con alta alcalinidad son problemáticos, ya que las legumbres que se producen tienden a ser más gruesas y de calidad inferior (Carrillo, 2018).

Asimismo, Almonte (2017) señala que el frijol vainita crece adecuadamente en diversas clases de tierra, destacándose en suelos franco-arenosos o francos arcillosos. Los suelos arcillosos no ofrecen buenos rendimientos, ya que padecen de compactación y falta de drenaje, lo cual perjudica el crecimiento de las raíces. Por otro lado, los suelos arenosos suelen carecer de nutrientes. La vainita muestra sensibilidad a la salinidad y el cultivo se ve perjudicado cuando la conductividad eléctrica del suelo es mayor a 2 mS/cm (p.14).

1.2.9. Manejo agronómico del cultivo de vainita

a) Preparación de terreno

Carrillo (2018) indica que previo a la siembra, es necesario llevar a cabo una tarea semiprofunda (entre 25 y 30 cm), en la que se incorpora el estiércol. Si se procede a desinfectar el terreno, después de un período determinado, se vuelve a labrar a una profundidad menor (p.24).

Valladolid (2001) señala que esta tarea debe llevarse a cabo con antelación a la siembra para que la materia orgánica añadida se descomponga por completo. Se sugiere usar un rastrillo de disco robusto para eliminar tocones y malezas para lograr una fragmentación más ágil. Primero se utiliza un arado, después se pasa el rastrillo dos veces en diferentes direcciones y, por último, se crean surcos para la hidratación o el riego (p. 33).

Asimismo, Robles y Santiago (2019) indican que es esencial tratar el terreno con atención para que se mantenga lo bastante suelto y asegure una adecuada circulación de aire, lo que facilitará la posterior creación de costras.

Una correcta preparación del suelo ayudará a disminuir la futura presencia de hierbas no deseadas (p.15).

Las vainitas necesitan un adecuado acondicionamiento del terreno, ya que un sustrato apropiado favorece el inicio del crecimiento de las semillas y el avance de las plantas. Es crucial que, al terreno les brinden oxígeno y aire a las raíces, así como el uso eficiente de nutrientes y agua; por eso, al preparar la tierra, debe encontrarse suelta, sin bultos ni hendiduras que favorezcan la acumulación de agua (UNALM, 2000; citado por Almonte, 2017).

b) Siembra

Para Quispe (2017), los períodos para sembrar frijoles vainitas en las diversas regiones del país están influenciados por dos elementos. Por un lado, está la temporada de lluvias y por el otro, la disponibilidad de trabajadores y asimismo menciona que, en una jornada laboral, aproximadamente una persona puede sembrar hasta 30kg de semilla. En las áreas agrícolas del país, esta disponibilidad depende, esencialmente, de la necesidad de este recurso en el cultivo principal que se realiza (pp. 25-26).

El método de siembra que se utiliza es el directo, que puede llevarse a cabo de manera manual o a través de maquinarias. La siembra mecanizada necesita que el terreno esté bien preparado, incluyendo el adecuado aflojamiento y nivelación del suelo. Las semillas se colocan de manera continua a los lados del surco en suelo seco, con una profundidad que varía entre 3 y 5 cm. De acuerdo a un estudio de la Universidad Nacional

Agropecuaria de La Molina, para los cultivares de crecimiento determinado, se recomienda un espacio de dos plantas por fila con una distancia de 0,7 m, y la separación ideal entre las plántulas en las hileras es de 0,1 m (Toledo, 2003, p.17).

c) Densidad de plantas

Quispe (2017) recomienda usar densidades que tengan un distanciamiento de 40 a 60 cm entre los surcos y de 5 a 10 cm entre las plantas para las variedades arbustivas tipo canario. En el caso de las variedades de semi guía, se aconseja un espacio de 60 a 80 cm entre los surcos y de 10 a 20 cm entre las plantas (p.28).

Asimismo, Bosque (2016) señala que la siembra a chorro continuo es de 40–50 x 5-10 cm y la densidad es de 40-70 Kg/ha.

Robles y Santiago (2019) nos indica que el espacio entre surcos puede variar entre 0.5 y 0.7 metros, según las variedades de enanas y de enrame, respectivamente. La separación entre las plantas puede ser de 0.25 a 0.30 metros, plantando de 3 a 5 semillas por siembra; además, la cantidad de semillas o la densidad de siembra puede oscilar entre 60 y 120 kilogramos por hectárea, dependiendo de la variedad (p.20-21).

Para Justo (2017), la densidad de plantas para la variedad jade se establece con separaciones de 0.9 a 1.0 metros entre los surcos, con un espacio de 0.3 a 0.35 metros entre cada golpe, colocando de 2 a 3 semillas por cada golpe (p.17).

Se sugiere un espaciado de siembra de 0,8 metros entre los surcos y las hileras dobles, con 2 a 3 semillas en cada golpe, separadas entre 0,2 y 0,3 metros. La cantidad de semillas requeridas por hectárea oscila entre 70 y 100 kilogramos por hectárea (Espinoza, 2021, p.37).

Según Mori (2017), las vainitas pueden ser sembradas directamente, ya sea de forma mecánica o manual. Una investigación llevada a cabo por la Universidad Nacional Agraria de La Molina concluyó que la separación ideal entre las filas de plantas es de 0.70 m, mientras que la separación recomendable entre las plántulas en cada fila de siembra es de 0.10 m (p. 33).

Asimismo, Patiño (2020) señala que se deben separar los surcos a una separación de 50 cm y la siembra de la semilla se hace a una profundidad de entre 3 y 5 centímetros utilizando un flujo continuo, buscando mantener una distancia de 10 cm entre cada planta. Para las variedades enanas, se sugiere modificar la siembra para lograr una densidad máxima de 20 plantas por cada metro. (p. 41).

Para Bosque (2016), el espacio entre filas o surcos tiene que ser de 0.5 m para las variedades de menor tamaño, mientras que la distancia entre plantas se realiza a intervalos de 0.25 m. En cada intervalo se siembran de 3 a 5 semillas. La cantidad de semillas que se pueden utilizar es de aproximadamente 160 Kg/ha en variedades de menor tamaño (p. 37).

d) Fertilización

Para Justo (2017), la aplicación de fertilizantes debe hacerse cuando el terreno tenga humedad, ya que, de no ser así, es preferible abstenerse de fertilizar. Si el producto se añade demasiado cerca de la planta, puede provocar daños, mientras que, si se coloca muy alejado, las raíces no tendrán acceso al fertilizante. De igual modo, si se pone en la parte superior del suelo y queda expuesto, se perderá por evaporación.

Para determinar la cantidad de fertilizante que se debe aplicar, es esencial llevar a cabo un análisis del suelo, lo cual ayudará a emplear el fertilizante disponible de forma correcta. Las cantidades recomendadas de fertilización son de 96, 50 y 50 kg de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) respectivamente, para una producción de 10 t.ha⁻¹ de vainita, y asimismo para mantener la fertilidad del suelo, se aconseja llevar a cabo una fertilización mixta que combine abonos orgánicos y químicos (p. 21).

Por otra parte, Toledo (2003) señala que la cantidad total de nitrógeno, fósforo y potasio que se extrae por hectárea para obtener una producción de 11 000 kg de vainita es aproximadamente de 190 kg, 18 kg y 120 kg, respectivamente. De este total, la cosecha retira 135 kg de nitrógeno, 11 kg de fósforo y 54 kg de potasio. Por lo tanto, una recomendación de 70-80-80 podría ser útil para las tierras de nuestra área costera. En suelos con fertilidad moderada o en casos donde se cultive después de plantas que han recibido fertilizantes en grandes cantidades, usar solamente 60 kg de N por hectárea podría ser adecuado. Además, es muy importante asegurar que haya suficientes

micronutrientes, ya que algunos como el manganeso y el zinc pueden ser proporcionados mediante fungicidas. La vainita es muy sensible a la carencia de zinc, molibdeno, manganeso y cobre; además, sufre en gran medida por un exceso de boro y cloro (p. 25).

Valladolid (2001) menciona que, en terrenos con escaso nitrógeno, indicado como porcentaje de materia orgánica (según el método de Walkley y Black), es necesario aplicar fertilizantes. Se sugiere utilizar entre 40 y 60 kilogramos de nitrógeno por hectárea. Para suelos que presentan un bajo nivel de fósforo (utilizando el método de extracción de Olsen), se aconseja aplicar entre 40 y 60 kilogramos de P_2O_5 por hectárea (p. 57).

e) Control de malezas

Como afirma Mondragón y Serrano (2018), uno de los elementos que frecuentemente resulta en una baja en la producción de los cultivos de frijol de vainita es la existencia de hierbas no deseadas, que pueden ocasionar reducciones de rendimiento de hasta un 80%, además de aumentar el gasto en la recolección y afectar negativamente la calidad del producto (p. 55).

De acuerdo a Robles y Santiago (2019), se ha evidenciado que las plantas no deseadas luchan por la luz, el agua, los nutrientes y el dióxido de carbono, lo cual lleva al cultivo a sacrificar ciertas demandas y, en consecuencia, disminuye los resultados. El intervalo clave de competencia sucede en los 30 días que siguen a la germinación. (p. 44)

f) Riego

Desde el punto de vista de Camarena et al. (2012), citado en Carrillo (2018), señalan que la planta de vainita tiene altas demandas en lo que respecta al riego, específicamente en cuanto a la periodicidad, cantidad y el tiempo adecuado para llevarlo a cabo. Estos factores dependen del ciclo de crecimiento de la planta y del entorno en el que crece, incluyendo el tipo de suelo, el clima y la calidad del agua utilizada para el riego (p. 26).

En los primeros estados de desarrollo conviene mantener el suelo con poca humedad, sin embargo, las necesidades de agua son muy elevadas poco antes de la floración y después de esta.

Como afirma Toledo (2003), el nivel adecuado de humedad en la tierra durante el desarrollo y la recolección de las cosechas es fundamental para lograr productos de excelente calidad que sean aptos para la exportación. La cantidad de agua requerida para un rendimiento óptimo cambia dependiendo del tipo de riego, la clase de terreno, el momento de la siembra, el método de siembra y la concentración de las plantas. En el caso del riego por surcos, se requiere un uso de agua que puede llegar a ser desde 7 000 a 10 000 m³/ha⁻¹ (p. 18).

g) Tutorado

Carrillo (2018) señala que esta es una técnica fundamental para las legumbres enredaderas que garantiza su desarrollo hacia arriba y forma una barrera uniforme de floración. Consiste en fijar un hilo, comúnmente de polipropileno, que se ancla a un tallo en un extremo y en el otro se fija a la estructura del invernadero (pp. 42-43).

1.2.10. Control fitosanitario

a) Plagas

De acuerdo con Carpio (2019), señala que estos se pueden clasificar en 3 grandes grupos:

Plagas que afectan a la semilla y las plántulas

Tabla 2.2

Plagas que atacan la semilla y las plántulas

Plaga	Nombre Científico	Control Cultural
Gusanos de tierra	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Buena preparación del suelo, riego de machaco abundante y control de malezas.
	<i>Feltia experta</i>	
	<i>Agrotis ipsilon</i>	
Gusano picador	<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	

Plagas afectadoras del follaje

Tabla 2.3

Plagas afectadoras del follaje

Plaga	Descripción	Control Cultural
<ul style="list-style-type: none"> • Mosca blanca (<i>Bemisia tabaco</i>) 	Habita en las hojas y se alimenta extrayendo su savia, actuando además como vector de virus.	Manejo o eliminación de plantas no deseadas
<ul style="list-style-type: none"> • Lorito (<i>Empoasca kraemeri</i>) 	Se encuentra en el envés de las hojas. Provoca achaparramiento, encarrujamiento foliar, deformación de vainas y menor rendimiento. Se ve favorecida por el calor y la sequía.	El cultivo debe establecerse en la fecha de siembra recomendada, con riegos oportunos y en volúmenes adecuados.
<ul style="list-style-type: none"> • Caballada (<i>Prodenia eridania</i>) 	Habita en la parte inferior de las hojas, donde se alimenta del parénquima y de las vainas tiernas, siendo más común durante la floración y la madurez.	Una adecuada preparación del suelo, el control de malezas y riegos oportunos ayudan a prevenir la incidencia de estas plagas.
<ul style="list-style-type: none"> • Comedores de Hoja (<i>Diabrotica spp, Cerotoma</i>) 	Perforan hojas, flores, brotes tiernos y vainas. Actúan como vectores de virus en caupí y zarandaja.	Una buena preparación del suelo y la eliminación de malezas, especialmente gramíneas, contribuyen al control de estas plagas.
<ul style="list-style-type: none"> • Arañita roja (<i>Tetranychus urticae</i>) 	Causa amarillamiento y secado de hojas. Se favorece con la sequía, altas temperaturas y el uso excesivo de insecticidas fosforados y clorados. Puede aparecer durante todo el ciclo vegetativo.	Una adecuada preparación del suelo, la rotación con gramíneas, el control de malezas y riegos oportunos ayudan al manejo de estas plagas.

Plagas que embisten a los brotes y vainas

- Barrenadores de brotes (*Epinotia aporema*)
- Picadores de vainas (*Laspeyresia leguminis*)
- Heliotis (*Heliothis virescens*)
- Prodiplosis (*Prodiplosis longifila*)

b) Enfermedades

Tabla 2.4

Principales enfermedades de las leguminosas de grano

Enfermedad	Descripción	Control cultural
<ul style="list-style-type: none"> • Pudriciones Radicales (<i>Rhizoctonia</i>, <i>Fusarium</i>, <i>Phytophthora Macrophomina</i> y <i>Esclerotium</i>) 	Es causada por un complejo de hongos que generan pudrición en semillas, raíces y tallos, provocando la muerte de las plantas. Se favorece por alta humedad en el suelo, siembras continuas, semillas de baja calidad, siembras profundas y riegos excesivos.	Rotación con cereales como maíz o sorgo, buena preparación del suelo, incorporación de materia orgánica, uso de semilla certificada de calidad, manejo adecuado del cultivo y aporque, y riegos oportunos.
<ul style="list-style-type: none"> • Virus (Virus de mosaico común, amarillo y dorado del frijol) (Moteado clorótico del frijol) 	Se transmite principalmente por insectos. Provoca deformación, enrollamiento y decoloración de hojas, causando enanismo y a veces la muerte. Afecta la floración, el tamaño de la vaina y reduce el rendimiento entre un 5% y 20%. La Diabrotica y Cerotoma son vectores del virus.	El control más efectivo es el uso de variedades resistentes y semilla de calidad; el control químico no resulta eficiente.
<ul style="list-style-type: none"> • Oídium (<i>Erysiphe polygoni</i>) 	Al inicio aparece como manchas grisáceas en el envés de las hojas, luego el micelio se vuelve polvoriento y blanquecino. Ataca tallos, hojas, deforma vainas y puede matar plantas. Se favorece con sequías, baja humedad y temperaturas moderadas. Se propaga por semilla y viento.	Se recomienda usar semilla certificada, practicar rotación de cultivos, mantener buena ventilación entre plantas, evitar siembras profundas y riegos excesivos, además de eliminar restos de plantas infectadas.
<ul style="list-style-type: none"> • Roya (<i>Uromyces phaseoli</i>) 	Se manifiesta con pústulas marrón rojizas que comienzan como pequeñas manchas amarillas en el envés de las hojas. En casos graves, provoca amarillamiento y caída de las hojas.	El empleo de variedades resistentes, junto con siembras en el momento adecuado y el control de malezas, contribuyen a disminuir su incidencia.

Fuente: (Carpio, 2019).

1.2.11. Cosecha

Desde el punto de vista de Camarena et al., (2012) citado en Verde (2022), la cosecha de frijol vainita comienza alrededor de 50 días tras la siembra. El principal desafío del cultivo de frijol vainita radica en que la recolección se lleva a cabo de manera manual, lo que resulta ser un proceso lento y costoso. Esta recolección manual necesita atención para evitar perjudicar la planta, especialmente las vainas que aún no están listas para ser cosechadas (p. 23).

Las vainas se deben cosechar cuando están en estado verde y no contienen semillas. Aproximadamente 60 días tras la siembra, variando según la especie empleada, se llevan a cabo varias recolecciones hasta que el terreno quede despejado. Luego de la cosecha, es esencial almacenarlos a bajas temperaturas en todo momento para mantener su frescura y firmeza. (Almonte, 2017, p. 55).

Para Toledo (2003), la vainita se debe cosechar cuando está tierna, por lo que se deben seleccionar vainas que midan menos de 6 mm de ancho. Mientras tanto, un tamaño superior a 10,5 mm generalmente señala que el producto ha alcanzado una madurez excesiva. No obstante, el tamaño de la vaina por sí solo no es un indicador confiable de la cosecha; la correlación de este aspecto cambia considerablemente entre diferentes variedades y en distintas épocas de siembra de una misma variedad. (p.44).

Asimismo, Campos (s.f.) sostiene que una persona en una jornada laboral de 8 horas puede llegar a cosechar entre 60-80 kg de frijol vainita.

1.2.12. Variedades de frijol vainita

a) Variedad “Jade”

Robles y Santiago (2019) señalan que la vainita variedad Jade es de tipo I determinado arbustiva adecuada para la mayoría de las regiones donde se cultivan en nuestro país y ha sido bien recibida en el mercado. Su crecimiento sostiene las vainas por encima del terreno, salvaguardando la inversión y reduciendo el daño en las puntas.

Características del producto

- Variedad muy productiva y con excelente calidad de vainas.
- Planta de porte arbustivo, crecimiento determinado y erecto.

- Vainas de color verde oscuro, cilíndricas, rectas y largas con lento desarrollo de semilla. De textura tierna sabor muy dulce.
- Permite varias cosechas en forma escalonada.
- Conserva su color verde por largo tiempo, se mantiene bien en transporte y almacén.

Tolerancias

- A la roya (*Uromyces phaseoli*), Virus del Mosaico común del frijol y Virus de Rizado.

Recomendaciones

- Temperatura óptima de Germinación: 23°C – 25°C

Inicio cosecha

- 45 a 60 días aprox.

Distanciamiento

- 0.9 x 0.30 m, con 2 a 3 semillas por golpe.
- 1.0 x 0.35 m, con 2 a 3 semillas por golpe.

b) Variedad “Hamer”

Según Valladolid et al. (2009), algunas de las características de la variedad Hamer son:

Características

- Tipo de crecimiento I (determinado arbustivo)
- Vainas largas y hermosas de +/- 14 cm.
- Es una variedad muy productiva de entre 3 - 4 ton/ha
- Altura: 40-50 cm
- Anchura: 30- 40 cm
- Ciclo: Mediano (60-70 días)

Recomendaciones:

- Temperatura óptima de germinación: 18°C – 22°C

- Suelo requerido con un pH entre 6.0 y 7.0
- Se requiere un riego regular, pero no excesivo
- Profundidad de siembra: 2 a 3 cm

Tolerancias

- Resistencia a la roya y a la antracnosis.

Distanciamiento

- 0.6 x 0.10 m, con 2 a 3 semillas por golpe.
- 0.8 x 0.15 m, con 2 a 3 semillas por golpe.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo se ejecutó en el Centro Experimental de Canaán, ubicado en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia Huamanga, departamento de Ayacucho, a una altitud de 2 750 msnm; perteneciente a la región Quechua y enmarcado en la Cuenca de Rio Cachi.

2.1.1. Ubicación política

Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray
Provincia : Huamanga
Región : Ayacucho

2.1.2. Ubicación geográfica

Latitud Sur : :13°08'05"
Longitud Oeste : 74°32'14"
Temperatura : 10 – 29 °C
Altitud : 2 750 msnm.

2.1.3. Ubicación ecológica

De acuerdo con la categorización de Zonas de Vida, el Centro Experimental de Canaán se encuentra en la zona de vida de estepa espinosa - montano bajo subtropical (ee-MBS), que se extiende desde los 2 000 hasta los 3 100 msnm. Basado en la clasificación de regiones naturales está situada en la región quechua (ONERN, 1968).

2.2. Antecedentes del terreno experimental

En la campaña anterior (2023), el terreno utilizado en el presente ensayo fue destinado al cultivo de productos comerciales como lechuga (*Lactuca sativa*) y beterraga

(*Beta vulgaris*), empleando como abono de base el Guano de Islas, lo que implicó una producción continua.

2.3. Análisis físico y químico del suelo

Para el análisis físico-químico se realizó un muestreo del suelo a una profundidad de 0.20 m, por el método convencional, logrando aproximadamente un kilo de muestra, el mismo que fue llevado al Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes “AGROLAB”, para su respectivo análisis, cuyos resultados se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1

Análisis físico-químico de la muestra de suelo del Centro Experimental de Canaán a 2750 msnm

Componentes	Valor	Interpretación	Método
pH	7.93	Moderadamente alcalino	Potenciométrico
M.O. (%)	2.03	Medio	Walkley Black
N (%)	0.10	Medio	Micro Kjendhal
P disponible (ppm)	17.7	Medio	Olsen modificado
K disponible (ppm)	151	Muy Alto	Saturación con acetato
C.E. (dSm⁻¹)	0.39	No salino	Conductimétrica
CO₃⁻ (%)	0.73	Muy bajo	Volumétrico
C.I.C. (Cmol (+).kg⁻¹)	25.31	Alto	Extr. acetato de amonio
Ca⁺⁺(Cmol (+).kg⁻¹)	20.10		Absorción atómica
Mg⁺⁺ (Cmol (+).kg⁻¹)	3.87		Absorción atómica
K⁺ (Cmol (+).kg⁻¹)	0.85		Absorción atómica
Na⁺ (Cmol (+).kg⁻¹)	0.38		Absorción atómica
Al⁺³+H⁺ (Cmol (+).kg⁻¹)	0.00		Volumetría
Arena (%)	55		
Limo (%)	23	Franco arcillo arenoso	
Arcilla (%)	22		

Nota: Analizado e interpretado según el Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes “AGROLAB” en el 2023.

Conforme a los criterios establecidos por Ibáñez y Aguirre (1983), se afirma que el suelo tiene un pH moderadamente alcalino (7.93), contenido medio de materia orgánica (2.03%) y de nitrógeno total (0.10%, contenido medio de fósforo disponible (17.7 ppm), contenido muy alto de potasio disponible (151 ppm), una C.I.C. alta (25.31). En cuanto

al análisis físico, se determinó que la textura del suelo corresponde a franco arcillo arenoso.

2.4. Composición físico y químico de la pollinaza

Tabla 2.2

Composición física de la pollinaza

Materia	Composición (%)
Heces	62
Cama	31
Alimento desperdiciado	2
Plumas	2
Materia extraña con relación a materia seca	2

Fuente: (Munguía et al., 2016).

Tabla 2.3

Composición química de la pollinaza

Componentes	Composición (%)
Materia seca (%)	61
Humedad (%)	15.30
P (%)	2.02
N total (%)	2.88
Ca (%)	4.49
MO (%)	71.72
pH	7.66
K (%)	1.55

Fuente: (Munguía et al., 2016).

2.5. Características climatológicas

Los datos meteorológicos fueron registrados por la Estación Meteorológica del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), que se encuentra a una altitud de 2 735 msnm, y entre las coordenadas de 13° 10' 00.06" Latitud Sur y 74° 12' 22.92" Longitud Oeste, distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Provincia de Huamanga – Ayacucho. Siguiendo el enfoque propuesto por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN, 1987), los datos fueron empleados para la elaboración del balance hídrico. cuyos resultados se muestran en la tabla 2.4 y figura 2.1.

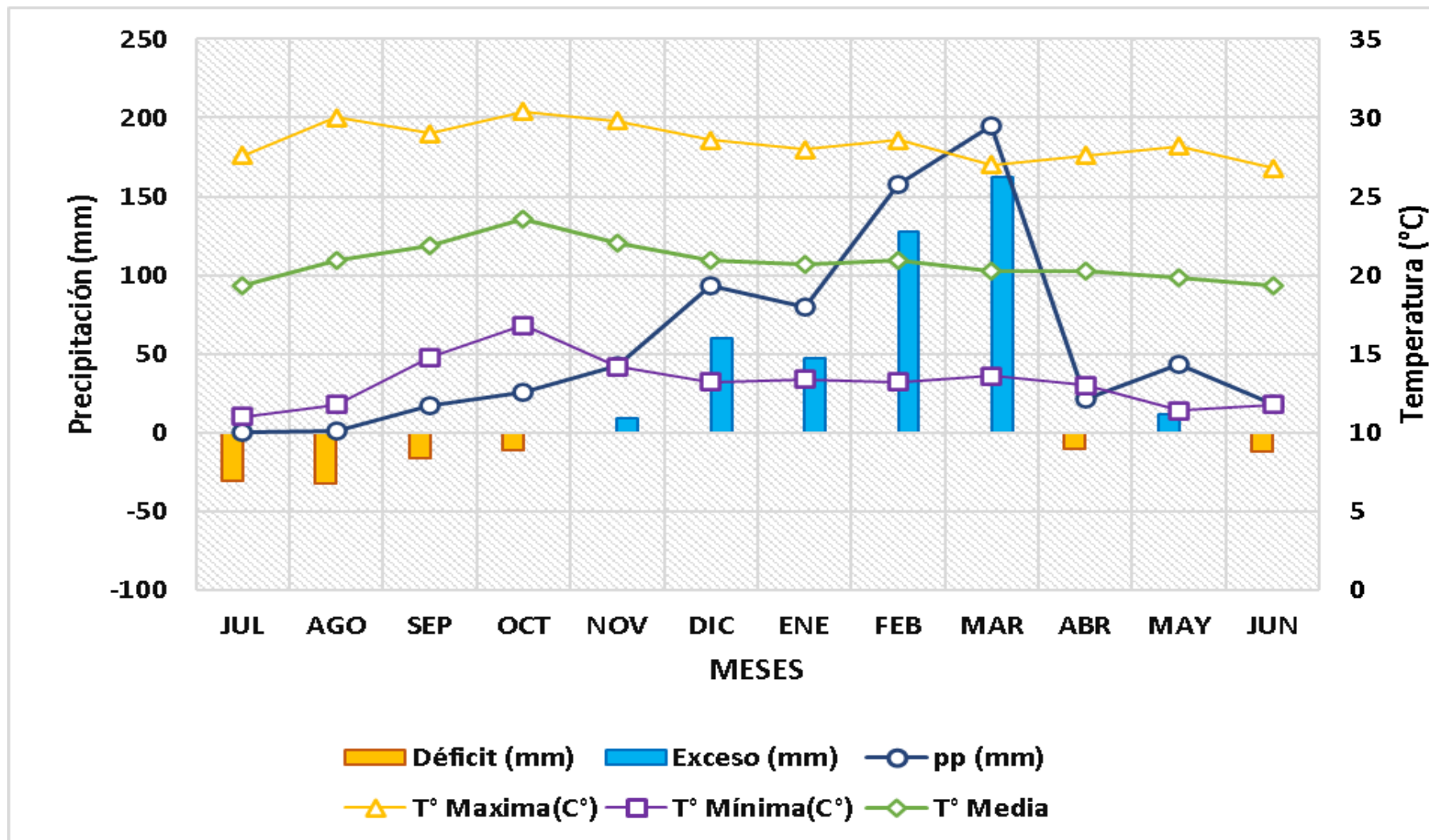
Tabla 2.4

Temperatura Máxima, Media y Mínima, Precipitación y Balance hídrico de julio 2023 a junio 2024. Estación Meteorológica de INIA-CANAÁN.

DESCRIPCION	BALANCE HÍDRICO DE DATOS DE LA ESTACIÓN METEREOLÓGICA INIA-CANAÁN												ESTACIÓN	INIA-CANAÁN
AÑO	2023-2024												PROVINCIA	HUAMANGA
MESES	Jul-23	Ago-23	Set-23	Oct-23	Nov-23	Dic-23	Ene-24	Feb-24	Mar-24	Abr-24	Mayo	Junio	Total	Promedio
T° Maxima(C°)	27.6	30	29	30.4	29.8	28.6	28	28.6	27	27.6	28.2	26.8		28.5
T° Mínima(C°)	11	11.8	14.8	16.8	14.2	13.2	13.4	13.2	13.6	13	11.4	11.8		13.2
T° Media	19.3	20.9	21.9	23.6	22	20.9	20.7	20.9	20.3	20.3	19.8	19.3		20.8
Humedad R.	80.5	81.1	86.5	86.4	97	92	95.8	93.5	96.3	90.4	86.8	90.1		89.7
Factor	4.96	4.96	4.8	4.96	4.8	4.96	4.96	4.48	4.96	4.8	4.96	4.8		
ETP (mm)	95.728	103.664	105.12	117.056	105.6	103.66	102.67	93.632	100.69	97.44	98.208	92.64	1216.112	101.3
pp (mm)	0	1.2	17.4	26	42.8	93	80.1	157.8	194.6	21	43.3	17.8	695	
ETP Ajust (mm)	30.633	33.172	33.638	37.458	33.792	33.172	32.855	29.962	32.220	31.181	31.427	29.645		
déficit (mm)	-30.633	-31.972	-16.238	-11.458						-10.181	11.873	-11.845		
Exceso (mm)					9.01	59.83	47.24	127.84	162.38					

Figura 2.1

Temperatura Máxima, Media y Mínima, Precipitación y Balance hídrico de julio 2023 a junio 2024. Estación Meteorológica de INIA-CANAÁN.



A lo largo de la fase de crecimiento del cultivo de frijol vainita, las temperaturas promedio máxima, media y mínima fueron de 28.6 °C, 20.9 °C y 13.2 °C, respectivamente, correspondientes a los meses de duración del experimento.

Las temperaturas promedio mensual y precipitación total anual correspondientes al periodo de julio de 2023 a junio del 2024. Durante este período, la cantidad total de precipitación alcanzó los 695 mm. Las temperaturas máximas, medias y mínimas anuales son 28.5, 20.8 y 13.2 °C respectivamente. El balance hídrico mostró exceso de humedad desde noviembre de 2023 hasta marzo del 2024, y humedad insuficiente desde julio a octubre del 2023, presentándose esta falta nuevamente en abril a junio del 2024.

2.6. Factores en estudio

Se utilizaron 2 variedades de frijol vainita, que poseen características de crecimiento de tipo arbustivas determinados, muy productivas y con excelente calidad de vainas (FARMAGRO, 2007), y tres densidades de plantas, que se detallan a continuación:

a) Variedades de Frijol Vainita (V)

v1 : Jade

v2 : Hamer

b) Densidades de plantas (D)

d1 : 250 000 pl. ha⁻¹ (0.80 m x 0.10 m x 2pl)

d2 : 125 000 pl. ha⁻¹ (0.80 m x 0.20 m x 2pl)

d3 : 83 250 pl. ha⁻¹ (0.80 m x 0.30 m x 2pl)

2.7. Tratamientos en estudio

Los tratamientos fueron el resultado de la combinación de los dos factores en estudio (3 densidades de plantas x 2 variedades de frijol vainita), haciendo un total de 6 tratamientos, los mismos que se presentan en la tabla 2.5.

Tabla 2.5*Tratamientos y combinaciones de los factores a estudiar*

Tratamientos	Código	Descripción
T1	v1 * d1	(Variedad Jade * 250 000 pl ha ⁻¹)
T2	v1 * d2	(Variedad Jade * 125 000 pl ha ⁻¹)
T3	v1 * d3	(Variedad Jade * 83 250 pl ha ⁻¹)
T4	v2 * d1	(Variedad Hamer * 250 000 pl ha ⁻¹)
T5	v2 * d2	(Variedad Hamer * 125 000 pl ha ⁻¹)
T6	v2 * d3	(Variedad Hamer * 83 250 pl ha ⁻¹)

2.8. Diseño experimental

El estudio fue conducido utilizando el Diseño de Bloque Completo Randomizado (DBCR) con arreglo factorial 3D*2V (3 densidades de plantas, 2 variedades de frijol vainita) con tres repeticiones, haciendo un total de 18 unidades experimentales; siendo el Modelo Aditivo Lineal el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Variable de respuesta de la i-ésima variedad, en el j-ésima densidad de plantas en el k-ésimo bloque.

μ : Media general

α_i : Efecto de la i-ésima variedad de frijol vainita

β_j : Efecto del j-ésima densidad de plantas

γ_k : Efecto del k-ésimo bloque

$(\alpha\beta)_{ij}$: Efecto de la interacción de la i-ésima variedad de frijol vainita en la j-ésima densidad de plantas

ε_{ijk} : Error experimental

2.9. Análisis estadístico

En base a los datos de campo obtenidos, se realizó un análisis correspondiente que incluye análisis de varianza (ANVA) y prueba de contraste de Tukey (0,05) para cada variable evaluado.

2.10. Características del campo experimental

a) Bloques

Número de bloques del experimento: 03

Largo del bloque : 36 m

Ancho de bloque : 3.2 m

Área del bloque : 115.2 m²

b) Calles

Largo de calle : 36 m

Ancho de la calle : 0.80

Número de calles principales : 2

Área de la calle : 28.8 m²

c) Unidad experimental

Número de parcelas por repetición : 6

Largo de cada parcela : 6 m

Ancho de parcela : 3.2 m

Área de cada parcela : 19.2 m²

Número de surcos / parcela : 4

Distancia entre surcos : 0.80 m

d) Área total del experimento

Área total de las calles principales : 57.6 m²

Área total de bloques : 345.6 m²

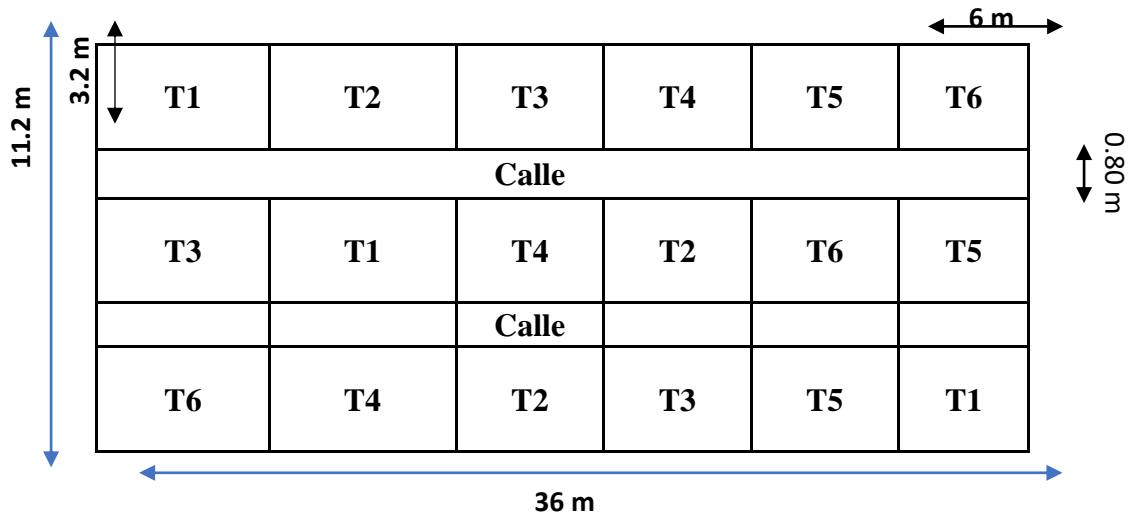
Área total del ensayo : 403.2 m²

2.11. Croquis experimental de los tratamientos

El croquis del campo experimental se presenta en la figura 2.3

Figura 2.2

Croquis del campo experimental y distribución de los tratamientos



2.12. Unidades experimentales

Figura 2.3

Croquis de la unidad experimental (d1)

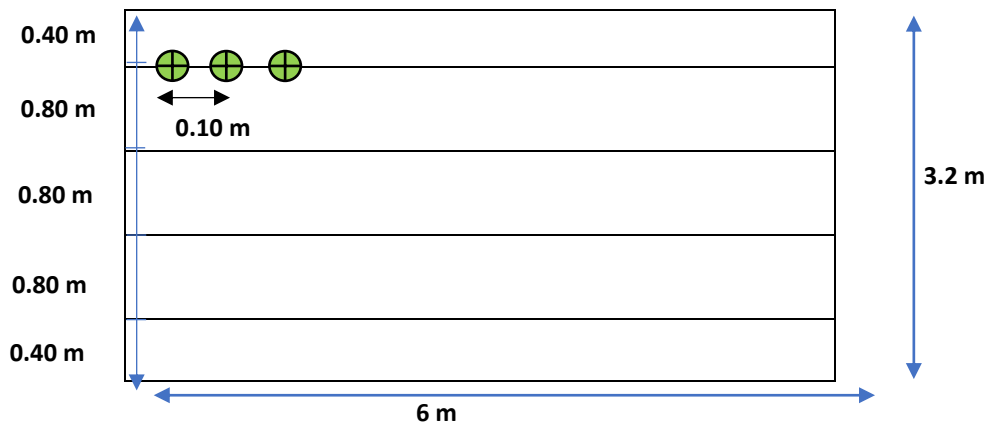


Figura 2.4

Croquis de la unidad experimental (d2)

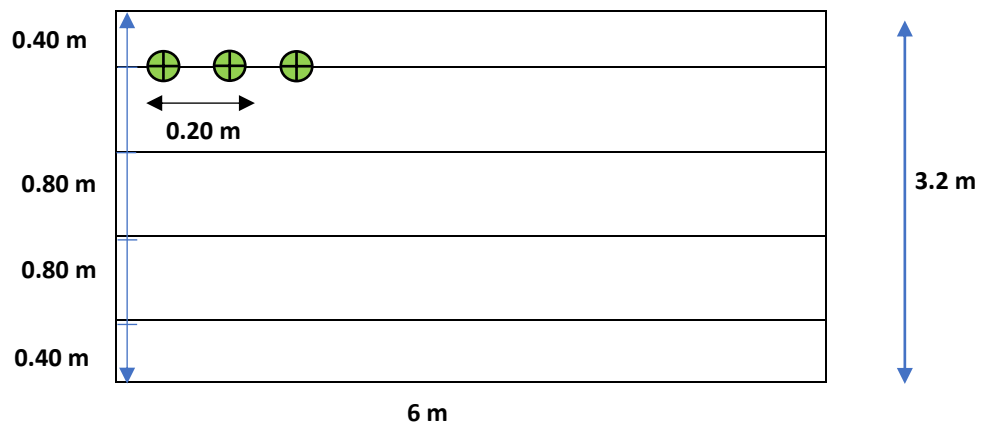
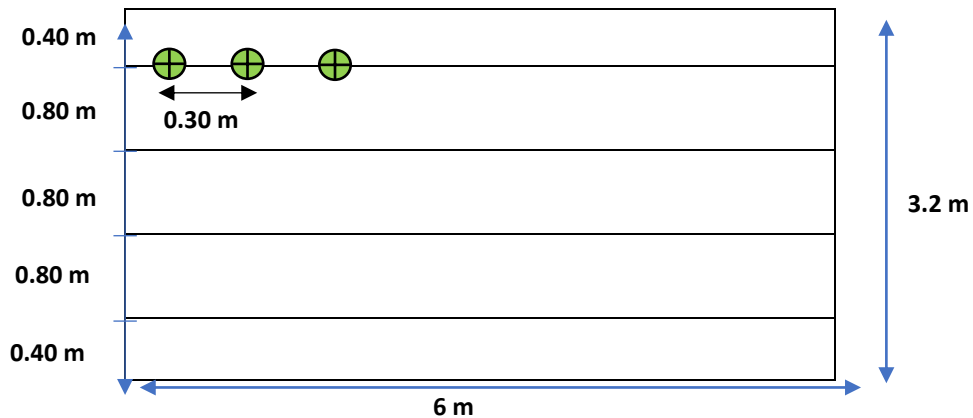


Figura 2.5

Croquis de la unidad experimental (d3)



2.13. Variables de evaluación

2.13.1. Variables de precocidad

Se realizó una evaluación de las fases del ciclo fenológico de los cultivares en análisis, desde la emergencia hasta la madurez de cosecha, expresados en número de días después de la siembra.

a. Días a la emergencia

Se evalúa el periodo de tiempo desde la siembra hasta que más del 50% de plántulas hayan emergido en la superficie del terreno experimental.

b. Días a la floración

Se considera los días después de la siembra hasta que se observaron flores en más del 50% de las plantas sembradas en cada parcela experimental.

c. Días a la formación de vainas

Es el tiempo que transcurrió desde la siembra hasta la aparición de las primeras vainas en más del 50% de las plantas en cada parcela.

d. Días a la cosecha en verde

Se considera el período de días desde la siembra hasta que se verifique que más del 50 % de las vainas sean aptas para la cosecha, situación que sucede cuando estas vainas están bien estructuradas, sin restricciones claras entre las semillas, las cuales deben ser pequeñas e inmaduras.

2.13.2. Variables de rendimiento

Se eligieron aleatoriamente 10 plantas en cada parcela, en las que se llevaron a cabo diversas evaluaciones programadas durante el proceso de investigación.

a. Altura de planta (cm)

Esta evaluación se realizó al momento de la madurez fisiológica, para la cual se utilizó una cinta métrica, midiéndose desde el cuello de la planta hasta el ápice de la planta.

b. Número de vainas por planta (Nº. vainas / planta)

Se contabilizó el número de vainas, durante el proceso de cosecha en cada parcela, para lo que se eligieron 10 plantas de forma aleatoria.

c. Longitud de vainas en verde (cm)

Se evaluó en cada parcela durante la madurez fisiológica, para lo que se empleó un instrumento de medición (cinta métrica). Se tomaron un total de 10 vainas, de cada unidad experimental seleccionadas de manera aleatoria.

d. Número de granos por vaina (Nº. granos / Vaina)

Se registro el número de granos existentes de 10 vainas seleccionadas de forma aleatoria en cada una de las unidades experimentales. Después se calculó los promedios que se utilizaron como resultado.

e. Peso promedio de 10 vainas

Se pesó individualmente 10 las vainas de cada unidad experimental utilizando una balanza de precisión, de la cual, a partir de estos resultados, se calculó el promedio del peso de vaina.

f. Rendimiento en vaina verde (kg ha⁻¹)

Se registraron las cosechas de vainas en la etapa de madurez comercial de cada una de las unidades experimentales cosechadas en tres ocasiones, con el objetivo de conseguir la cosecha total de vainas por parcela, que posteriormente se extrapoló a una hectárea. expresado en kg ha⁻¹.

g. Índice de cosecha (%)

Para la determinación del índice de cosecha, se utilizó la siguiente relación:

$$IC = ((\text{peso fresco de vaina}) / (\text{follaje} + \text{vainas}) * 100)$$

h. Rentabilidad económica

La rentabilidad se determinó utilizando la fórmula:

$$R = (\text{Utilidad} / \text{Costo Total}) \times 100$$

2.14. Instalación y conducción del experimento

La instalación y su manejo se llevaron a cabo considerando las distintas tareas agronómicas, enfocándose principalmente en la preparación del terreno, siembra, riego, desmalezado, aporque, control de plagas y enfermedades, así como en la cosecha según las necesidades del cultivo. También se realizaron las evaluaciones pertinentes en el momento adecuado.

a) Limpieza de terreno

La actividad consistió en la recolección manual de las cintas de riego de la anterior campaña, las estacas, arbustos y malezas secas, los cuales fueron trasladados a los bordes del campo experimental. Esta tarea se llevó a cabo el 5 de diciembre del 2023.

b) Preparación de terreno

Tras la limpieza del campo, se llevó a cabo el volteo, el rastrado, el surcado y la nivelación del campo utilizando maquinaria agrícola el 11 y el 12 de diciembre del 2023. Antes de esta preparación, se realizó un muestreo de suelo el 05 de noviembre del 2023, con el fin de analizar su fertilidad y caracterizarlo adecuadamente.

c) Demarcación y estacado del terreno

Con una cinta métrica, una rafia y estacas se procedió a marcar el área por bloques y tratamientos en base al diseño experimental. Esta actividad se llevó a cabo un día antes de la siembra, el 18 de diciembre del 2023.

d) Fertilización

La fertilización se realizó el 19 de diciembre del 2023, utilizando la pollinaza como abono de fondo y de acuerdo a los resultados de análisis de suelo, se empleó un nivel de fertilización de 130-90-0 kg ha⁻¹ de NPK, con una extracción de 96-50-50 para

una producción de 10 t. ha⁻¹ de vainita como el que recomienda Justo (2017). Una vez calculado la cantidad de fertilizante disponible en el almacén, se determinó una cantidad de 195.6 kg ha⁻¹ de urea (46% de N) y 206.1 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico (18% de N y 46% de P₂O₅), donde la fertilización nitrogenada se fraccionó en dos partes: una mitad a la siembra y la otra mitad al momento del aporque.

e) Desinfección de semillas

Se seleccionaron las semillas considerando su tamaño, color uniforme, forma y la ausencia de daños por plagas y enfermedades. Luego, se llevó a cabo la desinfección utilizando un fungicida Vitavax (*Oxanthina* + *Dicarboximido*), aplicando seis gramos por cada kilogramo de semilla.

f) Siembra

La siembra se realizó de manera manual el 19 de diciembre del 2023, colocando tres semillas por hoyo. La densidad de plantas en cada unidad experimental se ajustó de acuerdo con los tratamientos estudiados.

g) Raleo

La labor de cultivo se realizó cuando las plantas alcanzaron una altura de aproximadamente 15 a 20 cm. En esta etapa, se dejaron dos plantas por golpe, eliminando las restantes para asegurar un crecimiento adecuado y optimizar el rendimiento del cultivo.

h) Riego

Se llevó a cabo el riego tras finalizar la siembra. La frecuencia y el tiempo de riego se ajustaron a la demanda del cultivo, en este caso cada 4 días (a lo largo de la temporada de cultivo). Posteriormente las demandas hídricas del cultivo se satisficieron con el agua de lluvia.

i) Control de malezas

El desmalezado se llevó a cabo de manera manual utilizando un azadón. El primer desmalezado tuvo lugar el 30 de diciembre del 2023; el segundo y tercer desmalezado tuvo lugar el 23 de enero del 2024 y el 17 de febrero del mismo año previo a los aporques

durante la etapa de floración, y los desmalezados finales tuvieron lugar el 25 y 28 de febrero del 2024, durante las cosechas de vaina.

j) Control fitosanitario

En la etapa de emergencia se registraron enfermedades fungibles como (*Fusarium*, *Phytium* y *Rhizoctonia*) conocida como chupadera. Para su control, se utilizó un fungicida agrícola conocido como Rhizolex - T en una dosis de 300 g por hectárea. Vitavax 300WP, en una concentración de 350 g por hectárea.

La implementación se llevó a cabo en la fase de emergencia el 26 de diciembre del 2023 (7 días después de la siembra), tercera hoja trifoliada el 5 de enero del 2024 (17 días tras la siembra), y a comienzo de la temporada de flores y llenado de vainas el 20 de enero del 2024 (35 días tras la siembra).

Durante el desarrollo y crecimiento del cultivo, se detectaron daños directos en las hojas del cultivo causados por *Diabrotica sp.* Se llevó a cabo el control correspondiente en tres ocasiones: el 27 de diciembre del 2023, el 6 y el 18 de enero del 2024, se aplicó un insecticida (Cyberklin 25 CE) con una dosificación de 250 ml/200L.

k) Aporque

Este trabajo se llevó a cabo el 23 de enero y el 27 de febrero del 2024 con el uso de un azadón. De igual forma, se llevó a cabo la segunda aplicación del fertilizante químico, utilizando el 50% del nitrógeno restante.

l) Cosecha

La cosecha se llevó a cabo de manera progresiva y escalonada, conforme a la existencia de vainas verdes en los cultivares. La primera y la segunda cosecha de la variedad Jade tuvo lugar el 19 y 26 de febrero del 2024 respectivamente, mientras que la última cosecha se realizó el 01 de marzo del mismo año. Por otro lado, en la variedad Hamer la primera y segunda cosecha se dieron los días 22 y 27 de febrero del 2024 respectivamente, Finalmente la tercera y última cosecha de esta variedad se realizó el 01 de marzo del 2024.

Se cosechó completamente en febrero y marzo del 2024, teniendo un promedio de cosecha de (72 días tras la siembra)

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Variables de precocidad

Debido a la relevancia de la precocidad en la cosecha del frijol vainita, se plantearon y se estudiaron estas variables y los hallazgos se presentarán en las tablas posteriores. La evaluación se fundamentó en la fase fenológica del cultivo según las características del suelo del Centro Experimental Canaán.

Cada aspecto relacionado con la precocidad fue analizado dentro del ámbito de la estadística descriptiva, tomando en cuenta las fechas de inicio y fin del estado fenológico. Estos datos se establecieron en cantidad de días después de la siembra (dds).

3.1.1. *Días a la emergencia*

El tiempo transcurrido hasta la emergencia de las plantas reportadas en este estudio, varió de 5.7 a 7.0 días en promedio; esta duración se relaciona con las variedades Jade y Hamer, respectivamente.

En general, la variedad Jade presentó una emergencia más temprana, con un promedio de 5.8 días, mientras que la variedad Hamer mostró una emergencia más tardía, con un promedio de 6.7 días, como se observa en la tabla 3.1.

Asimismo, cabe señalar que a una densidad de 83 250 pl ha⁻¹, ambas variedades mostraron una emergencia ligeramente más precoz en comparación a una densidad de 250 000 pl ha⁻¹, lo que indica una leve ventaja en condiciones de menor competencia intraespecífica.

Tabla 3.1

Número de días a la emergencia de dos variedades de frijol vainita con tres densidades de plantas. Canaán, 2750 msnm.

Bloques	Jade			Hamer		
	d1 (250 000 pl ha ⁻¹)	d2 (125 000 pl ha ⁻¹)	d3 (83 250 pl ha ⁻¹)	d1 (250 000 pl ha ⁻¹)	d2 (125 000 pl ha ⁻¹)	d3 (83 250 pl ha ⁻¹)
I	6.0	6.0	6.0	7.0	7.0	6.0
II	6.0	6.0	5.0	7.0	6.0	7.0
III	6.0	5.0	6.0	7.0	7.0	6.0
Sumatoria	18.0	17.0	17.0	20.0	21.0	19.0
Promedio D	6.0	5.7	5.7	7.0	6.7	6.3
Promedio V		5.8			6.7	

Por lo tanto, es importante señalar que los días transcurridos desde la siembra a la emergencia, son ligeramente más precoces en comparación con los resultados obtenidos por Carita (2016), quien reportó un promedio de 7 días después de la siembra para la variedad Jade a una altitud de 3864 msnm bajo invernadero. Este comportamiento más tardío podría atribuirse a las condiciones climáticas propias de dicha altitud, como la temperatura y la radiación solar.

3.1.2. Días a la floración

Según la tabla 3.2 el tiempo transcurrido a la floración, osciló entre 33.8 y 35.0 días después de la siembra, en promedio, para las variedades Jade y Hamer, respectivamente, posiblemente debido tal diferencia a los factores genéticos entre las variedades en estudio.

Además, se observa que a mayor densidad de plantas d1 (250 000 pl ha⁻¹), ambas variedades mostraron una floración ligeramente más temprana.

Tabla 3.2

Número de días a la floración de dos variedades de frijol vainita con tres densidades de plantas. Canaán, 2 750 msnm.

Bloques	Jade			Hamer		
	d1 (250 000 pl ha ⁻¹)	d2 (125 000 pl ha ⁻¹)	d3 (83 250 pl ha ⁻¹)	d1 (250 000 pl ha ⁻¹)	d2 (125 000 pl ha ⁻¹)	d3 (83 250 pl ha ⁻¹)
I	33.0	34.0	34.0	35.0	35.0	36.0
II	33.0	33.0	34.0	34.0	35.0	35.0
III	34.0	34.0	35.0	35.0	35.0	35.0
Sumatoria	100.0	101.0	104.0	104.0	105.0	106.0
Promedio D	33.3	33.7	34.3	34.7	35.0	35.3
Promedio V		33.8			35.0	

3.1.3. Días a la formación de vainas

La formación de vainas se desarrolló, en promedio, entre los 39.3 y 42.7 días después de la siembra, siendo estos valores correspondientes a la variedad Jade y Hamer con una densidad de plantas de 250 000 pl ha⁻¹ y 83 250 pl ha⁻¹, para ambos resultados respectivamente.

Asimismo, cabe señalar que la variedad Jade mostró un comportamiento más temprano a la formación de vainas, apareciendo en promedio a los 39.7 días, mientras que la variedad Hamer, que se manifestó con una formación de vainas tardía, presentándose con un promedio de 42.1 días, después de la siembra, tal como se indica en la tabla 3.3.

Tabla 3.3

Número de días a la formación de vainas de dos variedades de frijol vainita con tres densidades de plantas. Canaán, 2 750 msnm.

Bloques	Jade			Hamer		
	d1 (250 000 pl ha ⁻¹)	d2 (125 000 pl ha ⁻¹)	d3 (83 250 pl ha ⁻¹)	d1 (250 000 pl ha ⁻¹)	d2 (125 000 pl ha ⁻¹)	d3 (83 250 pl ha ⁻¹)
I	39	39	38	42	43	42
II	39	41	41	41	42	43
III	40	39	41	41	42	43
Sumatoria	118	119	120	124	127	128
Promedio D	39.3	39.7	40.0	41.3	42.3	42.7
Promedio V		39.7			42.1	

3.1.4. *Días a la cosecha en vaina verde*

Según los resultados indicados en la tabla 3.3, se puede observar que el tiempo transcurrido a la cosecha en vaina verde osciló desde los 62 a los 72 días después de la siembra, para la variedad Jade, mientras que en la variedad Hamer desde los 65 a los 72 días. Este comportamiento evidencia que la variedad Jade inició la cosecha de manera más precoz. Esta diferencia podría atribuirse a la mayor precocidad genética de la variedad Jade, así como a su mejor adaptación a condiciones de competencia.

Tabla 3.4

Número de días a la cosecha en vaina verde de dos variedades de frijol vainita con tres densidades de plantas. Canaán, 2 750 msnm.

Bloques	Jade			Hamer		
	d1 (250 000 pl ha ⁻¹)	d2 (125 000 pl ha ⁻¹)	d3 (83 250 pl ha ⁻¹)	d1 (250 000 pl ha ⁻¹)	d2 (125 000 pl ha ⁻¹)	d3 (83 250 pl ha ⁻¹)
Inicio de cosecha	62	62	62	65	65	65
Fin de cosecha	72	72	72	72	72	72

De acuerdo a los resultados, las dos variedades de frijol vainita presentaron un periodo de cosecha ligeramente tardío, con ciclos que alcanzaron hasta los 72 días. Este periodo se prolonga algunos días de más en comparación con el promedio de 55 a 70 días después de la siembra registrado en Huaral, a una altitud de 180 msnm, reportado por Verde (2022). Tal diferencia podría deberse a las diferentes condiciones climáticas asociadas a la variación de altitud entre ambas zonas.

Por otro lado, se puede coincidir con lo señalado por Huaraya (2013), quien indicó que el cultivo de la vainita, al ser una variedad de frijol destinada al consumo como vaina verde, su periodo de cosecha a una altitud de 2 712 msnm oscila aproximadamente hasta los 75 días después de la siembra.

El periodo de cosecha ligeramente tardía del cultivo podría atribuirse a varios factores, entre ellos los lentos procesos fisiológicos de la planta ocasionados por las bajas temperaturas, ya que durante esos meses se registraron temperaturas mínimas de hasta

13.2 °C. Ya que para Jaimes (2019) y Espinoza (2021), el cultivo requiere temperaturas mínimas a partir de 15 °C en adelante para mantener un desarrollo óptimo.

3.2. Variables de rendimiento

En esta variable se realizó la varianza conocida como ANVA o ANOVA de las diversas características evaluadas, para lo cual se empleó el software estadístico InfoStat,

3.2.1. *Altura de planta*

En la tabla 3.5, se presenta el análisis de varianza de la altura de planta de los tratamientos estudiados, donde se observa que se encontró una alta diferencia estadística entre densidades como en la interacción densidades x variedades, con un coeficiente de variabilidad del 6.03 %, que indica que los datos son bastante estables en cuanto a su evaluación.

Tabla 3.5

Análisis de variancia de la altura de planta en tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2 750 msnm.

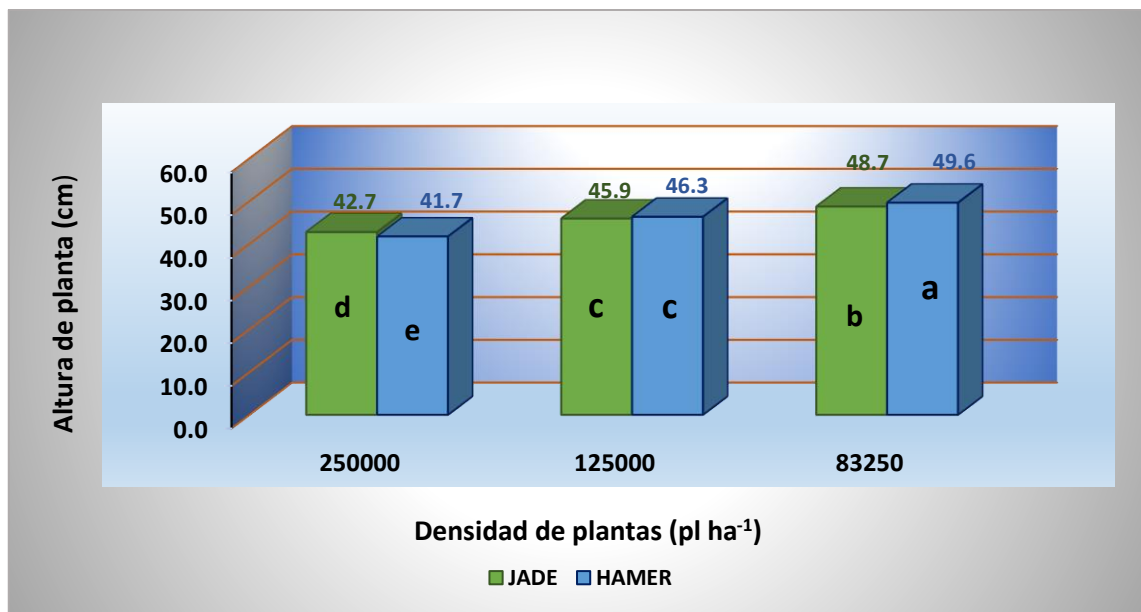
F. Variación	G. L	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	2	1.48	0.74	8.67	0.0065 **
Densidad (D)	2	147.62	73.81	864.98	<0.0001**
Variedad (V)	1	0.09	0.09	1.10	0.3189 ns
Interacción (D*V)	2	3.71	1.86	21.76	0.0002 **
Error	10	0.85	0.09		
Total	17	153.77			

C.V = 6.03 %

Al realizar la prueba de Tukey para determinar la influencia de las densidades de plantas sobre la altura de planta en las dos variedades de frijol vainita (Figura 3.1), se determinó que la mayor altura se alcanzó con la densidad de plantas d3 (83 250 pl ha⁻¹) en las dos variedades, con valores de 49.60 y 48.70 cm para la Hamer y Jade, respectivamente, mostrando diferencias entre ellas; mientras que a una densidad de plantas d2 (125 000 pl ha⁻¹), no hay diferencia entre las variedades en estudio; sin embargo a una densidad d1 (250 000 pl ha⁻¹), existe diferencia entre las dos variedades en estudio.

Figura 3.1

Prueba de Tukey de los efectos simples de la altura de planta en tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2 750 msnm.



Con respecto a la altura de planta, Quispe (2017), reportó un promedio de 41.24 cm de altura de planta a una altitud de 2 550 msnm utilizando una densidad de plantas d3 (400 000 pl ha⁻¹) con un distanciamiento de 10*50cm en la variedad Jade, Este valor es inferior al encontrado en el presente estudio, lo cual podría deberse a la mayor competencia entre plantas generada por la elevada densidad poblacional.

Por otro lado, Lozano (2024) reportó promedios de 44.0 cm frente a 40.5 cm de altura de planta con densidades de plantas de 142 857 pl ha⁻¹ y 214 286 pl ha⁻¹ , con distanciamientos de 0.7 x 0.3m y 0.7 x 0.2m en la variedad Jade, respectivamente, a una altitud de 620 msnm. Al comparar estos resultados con los obtenidos en el presente estudio, se observa que son inferiores, debido quizá al manejo distinto del número de plantas por golpe o a las diferencias en las condiciones climáticas asociadas a la altitud.

La superioridad de una variedad frente a la otra puede fundamentarse en el estudio de Bosque (2016), quien señaló que la variedad Bush Lake 274 presenta mayores resultados frente a la variedad Contender, con 49.1 y 48.67 cm, respectivamente. Si bien no son las mismas variedades utilizadas en este estudio, este resultado sugiere que el comportamiento de diferentes variedades influye significativamente en la altura de planta.

Sin embargo, no se coincide con los resultados de Cepeda (2012), quien indica que, a mayores densidades de plantas utilizadas, se obtiene los mayores promedios de altura de planta.

La altura de planta tiende a ser mayor con densidades de plantas bajas, lo cual puede atribuirse a la menor competencia entre plantas por agua, luz y nutrientes, favoreciendo así un mejor crecimiento y desarrollo.

3.2.2. *Número de Vainas por planta*

En la Tabla 3.6 se muestra el análisis de varianza para el número de vainas por planta de los tratamientos evaluados. Donde se observa una alta diferencia significativa entre las densidades en estudio, y una diferencia significativa entre las variedades como en la interacción densidades x variedades.

El coeficiente de variación fue de 13.32 %, lo que refleja una buena estabilidad y confianza en los datos obtenidos durante la evaluación.

Tabla 3.6

Análisis de variancia del número de vainas por planta en tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2 750 msnm.

F. Variación	G. L	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	2	1.00	0.50	0.45	0.6472 ns
Densidad (D)	2	46.33	23.17	21.06	0.0003 **
Variedad (V)	1	5.56	5.56	5.05	0.0484 *
Interacción (D*V)	2	10.11	5.06	4.60	0.0384 *
Error	10	11.00	1.10		
Total	17	74.00			

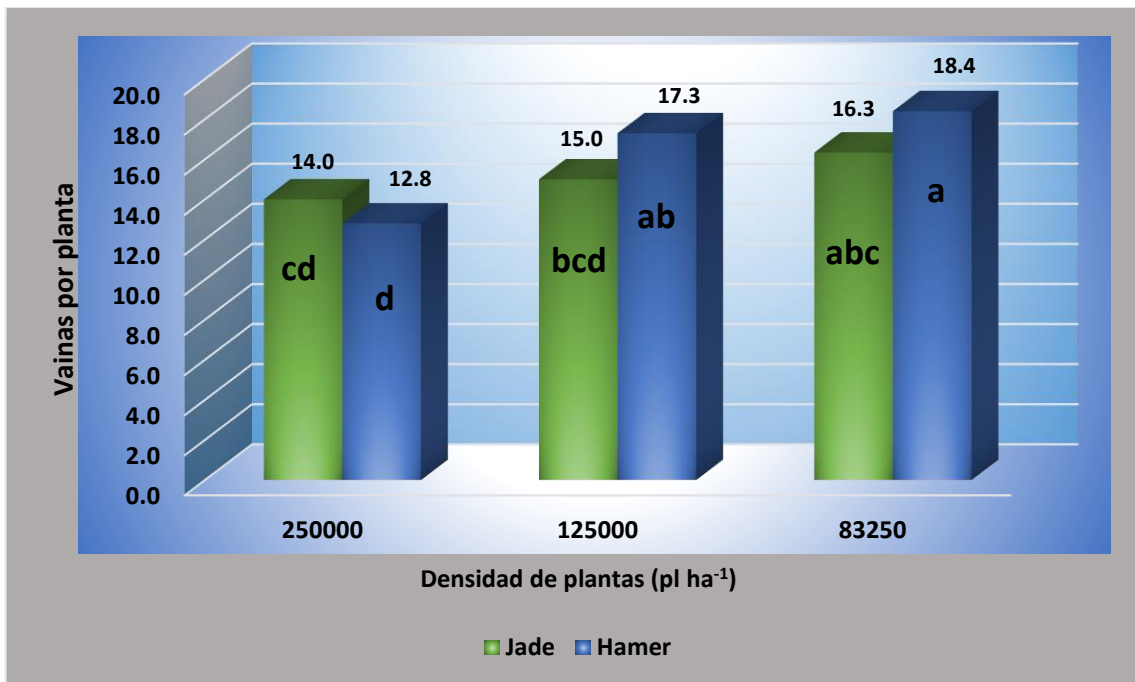
C.V = 13.32 %.

Según la prueba de Tukey para determinar la influencia de las densidades de plantas sobre el número de vainas por planta de las dos variedades de frijol vainita (Figura 3.2), se determinó que el mayor número de vainas por planta se alcanzó con la densidad d3 (83 250 pl ha⁻¹) y d2 (125 000 pl ha⁻¹) en la variedad Hamer, con valores de 18.40 y 17.33 vainas por planta, respectivamente, mostrando que existen diferencias entre ellas; de manera similar se observó el mismo comportamiento para la variedad Jade, aunque

con valores inferiores; sin embargo, al incrementar la densidad a d1 (250 000 pl ha⁻¹) se evidenció una disminución en el número de vainas por planta en la Jade (14.00 vainas) y Hamer (12.8 vainas), mostrándose una diferencia ligera entre las dos variedades en estudio.

Figura 3.2

Prueba de Tukey de los efectos simples del número de vainas por planta en tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2 750 msnm.



Como se muestra en la figura 3.2, el número de vainas por planta varió significativamente según la densidad de plantas y la variedad de frijol vainita. En ambas variedades, se observó una tendencia decreciente en la producción de vainas por planta a medida que aumentaba la densidad de plantas, esto puede ser a causa de que, a mayores densidades de plantas existe una mayor competencia por el agua, nutrientes y luz, afectando negativamente el rendimiento individual. Estos resultados evidencian una interacción significativa entre variedad y densidad, siendo favorable la variedad Hamer en densidades bajas a intermedias, mientras que a alta densidad la variedad Jade presentó un mejor desempeño, posiblemente debido a una mayor adaptación al estrés por competencia intraespecífica.

Con respecto al factor densidad de plantas, Jaimes (2019), reporta en promedio 13.57 vainas por planta a una altitud de 1 920 msnm con una densidad de plantas de 85 714 pl ha⁻¹, siendo este, inferior al obtenido en el presente estudio, lo cual podría deberse quizá al manejo de 3 plantas por golpe en el estudio de Jaimes en comparación de 2 plantas por golpe utilizadas en el presente trabajo. No obstante, los resultados encontrados también son considerablemente inferiores a los reportados por Justo (2017), quien registró en promedio 28.25 vainas por planta para la variedad Jade también a una altitud de 1 920 msnm, utilizando una densidad de plantas de 107 143 pl ha⁻¹ con un distanciamiento de 0.80 m × 0.35 m, donde posiblemente estos resultados superiores se deban al nivel de fertilización química y orgánica aplicada en su investigación.

Cepeda (2012), registró un promedio de 14 vainas por planta para la variedad Jade, a una altitud de 8 msnm y con una densidad de plantas de 222 222 pl ha⁻¹. Este valor se encuentra por debajo de los promedios obtenidos en la presente investigación, debido posiblemente a las diferencias en las densidades de plantas, así como la influencia de los factores agroclimáticos asociados a la altitud de cada zona de estudio.

Huaraya (2013) y Quispe (2017), señalan que las diferentes densidades de plantas utilizados en sus estudios no tuvieron influencia significativa en el número de vainas por planta.

Por otro lado, los resultados del presente estudio no coinciden con los de Bosque (2016), quien señaló que, al utilizar mayores densidades de plantas, se obtienen mayores promedios en el número de vainas por planta.

No obstante, es importante señalar, que las comparaciones y discusiones encontrados en relación con otras investigaciones, no son del todo comparables, puesto que no existen investigaciones similares a este trabajo.

3.2.3. Longitud de vainas

En la tabla 3.7, del análisis de varianza de la longitud de vainas, solo se obtuvo únicamente diferencias de alta significación entre las densidades en estudio, con un coeficiente de variabilidad del 15.94 %, lo que indica homogeneidad y precisión del experimento.

Tabla 3.7

Análisis de variancia de longitud de vainas en tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2 750 msnm.

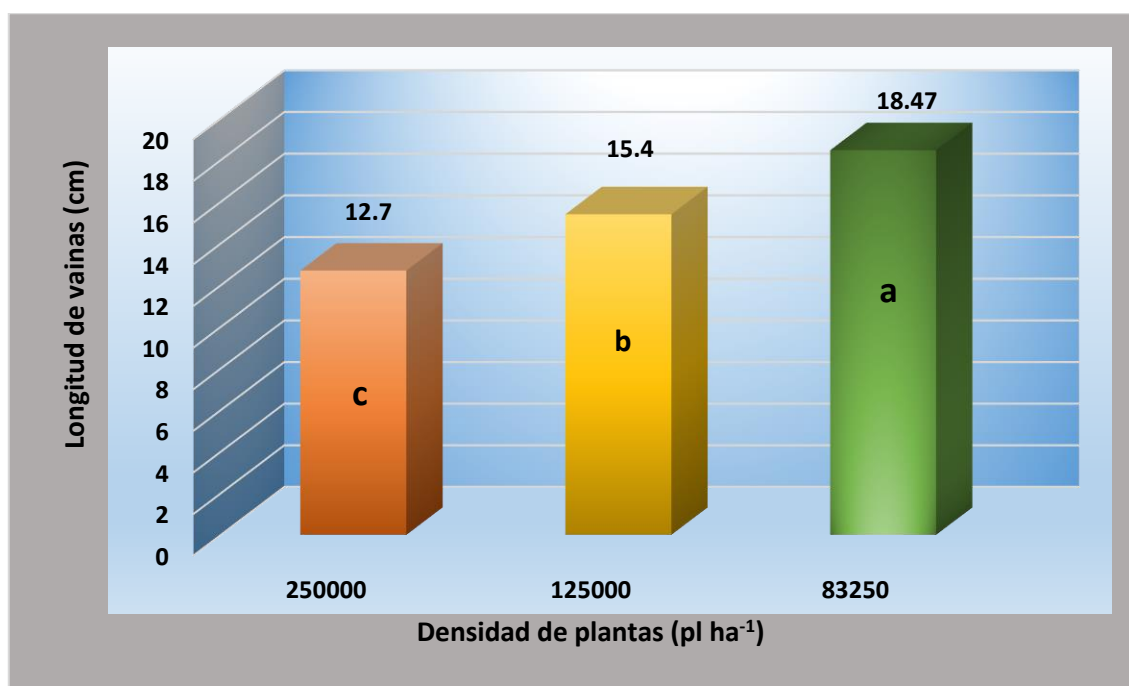
F. Variación	G. L	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	2	1.24	0.62	3.61	0.0660 ns
Densidad (D)	2	99.90	49.95	290.59	<0.0001**
Variedad (V)	1	0.50	0.50	2.91	0.1189 ns
Interacción (D*V)	2	0.69	0.35	2.02	0.1837 ns
Error	10	1.72	0.17		
Total	17	104.05			

C.V = 15.94 %

De acuerdo a los resultados de la prueba de Tukey, que se observa en la figura 3.3, se determinó que la mayor longitud (18.47 cm) se encontró a una densidad d3 (83 250 pl ha⁻¹), mientras que con densidades d2 (125 000 pl ha⁻¹) y d1 (250 000 pl ha⁻¹) se encontraron 15.40 y 12.70 cm de longitud de vaina, respectivamente, habiendo diferencias existentes entre ellas.

Figura 3.3

Prueba de Tukey de los efectos principales para longitud de vainas en el frijol vainita con tres densidades de plantas. Canaán, 2 750 msnm.



Cabe resaltar que, a densidades d3 (83 250 pl ha⁻¹) y d2 (125 000 pl ha⁻¹) se alcanzaron promedios superiores de longitud de vaina, con 18.47 y 15.40 cm, respectivamente, a los reportados por Lozano (2024), quien obtuvo longitudes promedio de 15.55 y 15.01 cm a 620 msnm, con densidades de plantas de 142 857 pl ha⁻¹ y 214 286 pl ha⁻¹, respectivamente. Siendo una causa posible de tal diferencia, las distintas densidades de plantas utilizadas en ambos estudios.

De manera similar, Justo (2017) reportó un promedio de 8.44 cm en la longitud de vainas a una altitud de 1920 msnm, utilizando una densidad de plantas de 107 143 pl ha⁻¹ con un distanciamiento de 0.80 × 0.35 m, valor que resulta inferior a los obtenidos en el presente estudio. Las posibles causas entre estos resultados podrían estar relacionadas, en primer lugar, a las diferentes densidades de plantas utilizadas y, en segundo lugar, a los factores agroclimáticos asociados a la altitud.

Jaimés (2019), reportó en promedio 13.57 cm en la longitud de vainas, también a una altitud de 1920 msnm a una densidad de plantas de 107 143 pl ha⁻¹, con un distanciamiento de 0.8m*0.35m*3. Este resultado fue inferior a los obtenidos en el presente estudio. Una posible explicación de esta diferencia podría ser la mayor competencia por nutrientes, luz y agua en el estudio de Jaimés, debido a que dicho autor utilizó 3 plantas por golpe, mientras que en este trabajo se manejaron solo 2 plantas por golpe.

3.2.4. Número de granos por vaina

En la tabla 3.8, se presenta el análisis de varianza correspondiente al número de granos por vaina en los tratamientos evaluados, donde se evidencian diferencias estadísticas altamente significativas entre las densidades de plantas y las variedades de frijol vainita, con un coeficiente de variabilidad del 8.55 %, se indica un nivel adecuado de uniformidad entre las unidades analizadas y la precisión del experimento.

Tabla 3.8

Análisis de variancia del número de granos por vaina en tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2 750 msnm.

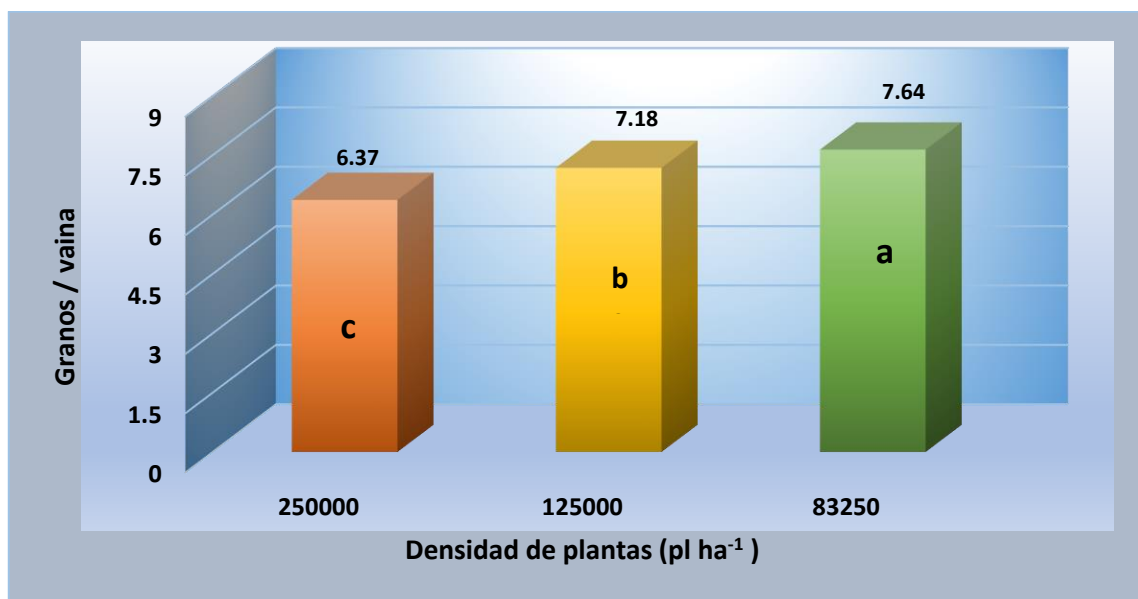
F. Variación	G. L	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	2	0.07	0.03	3.96	0.0541 ns
Densidad (D)	2	4.99	2.50	291.83	<0.0001**
Variedad (V)	1	0.98	0.98	114.55	<0.0001**
Interacción (D*V)	2	0.08	0.04	4.43	0.0519 ns
Error	10	0.09	0.01		
Total	17	6.20			

C.V = 8.55 %

De acuerdo con los resultados de la prueba de Tukey, aplicada para evaluar la influencia de las densidades de plantas sobre el número de granos por vaina en el frijol vainita, que se presenta en la (Figura 3.4), se encontró que el mayor número de granos por vaina se registró con la densidad de 83 250 pl ha⁻¹, con 7.64 granos por vaina; mientras que con las densidades de 125 000 pl ha⁻¹ y 250 000 pl ha⁻¹, se encontró en promedio 7.18 y 6.37 granos por vaina, respectivamente, habiendo diferencias entre ellas.

Figura 3.4

Prueba de Tukey de los efectos principales del número de granos por vaina de frijol vainita en tres densidades de plantas. Canaán, 2 750 msnm.



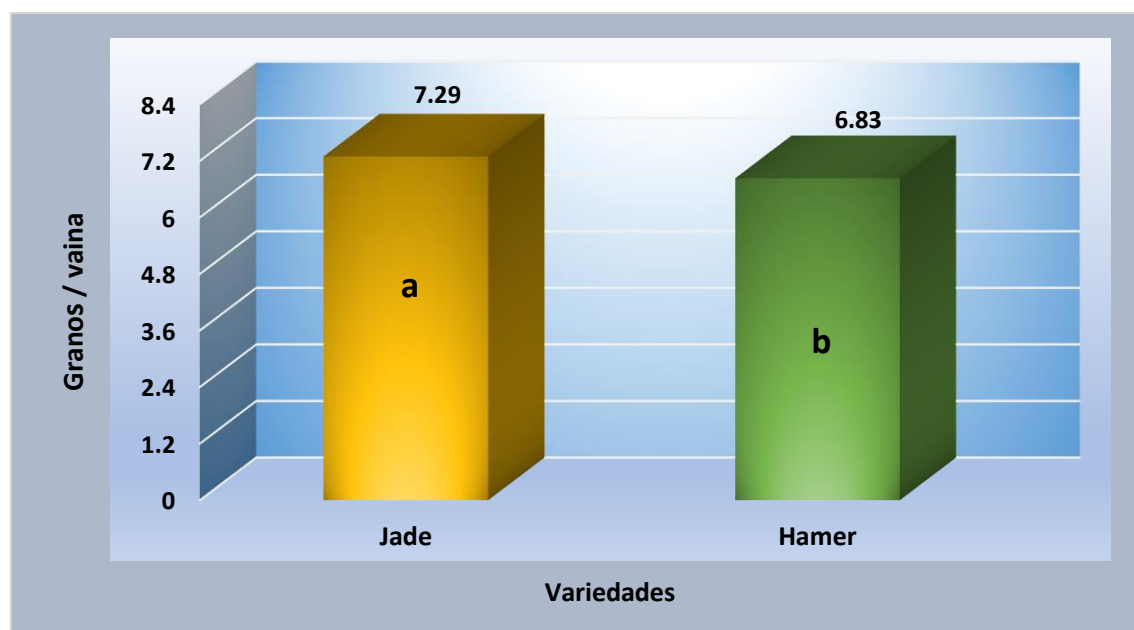
Jaimes (2019), reportó un promedio de 7.65 granos por vaina a 1 920 msnm, utilizando una densidad poblacional de 107 143 pl ha⁻¹ con un distanciamiento de 0.80 x 0.35m, resultados que son superiores a los obtenidos en el presente estudio con una densidad d3 (83 250 pl ha⁻¹). Siendo una posible causa, la influencia de los factores agroclimáticos asociados a la altitud, así como a las diferentes densidades utilizadas en ambas investigaciones.

Es importante señalar que los autores previamente citados no consideran este criterio de evaluación en sus estudios, lo que limita la posibilidad de realizar comparaciones directas y resalta la importancia de incluir dicho parámetro en investigaciones futuras.

Al comparar el comportamiento de las variedades de frijol vainita en relación al número de granos por vaina (Figura 4.5), se observa que el mayor número de granos por vainas se alcanzó con la variedad Jade, con un promedio de 7.29 granos, mientras que en la variedad Hamer se registró un valor de 6.83 granos por vaina, existiendo una diferencia estadísticamente significativa entre ambas.

Figura 3.5

Prueba de Tukey de los efectos principales del número de granos por vaina en dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2750 msnm.



Doroteo (2022), reportó un promedio de 7.75 granos por vaina a una altitud de 1920 msnm para la variedad Jade, valor ligeramente superior al encontrado en el presente trabajo. Tal diferencia podría ser debido posiblemente a los niveles de NPK y estiércol de vacuno que incorporó dicho autor.

3.2.5. *Peso promedio de 10 vainas*

En la tabla 3.9, se muestra el análisis de varianza del peso promedio de 10 vainas en los tratamientos evaluados, donde únicamente se observa una diferencia entre las densidades de plantas, con un coeficiente de variación del 15.8 %, lo que representa un nivel apropiado de homogeneidad entre las unidades probadas y la confiabilidad del experimento.

Tabla 3.9

Análisis de variancia del peso promedio de 10 vainas con tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2 750 msnm.

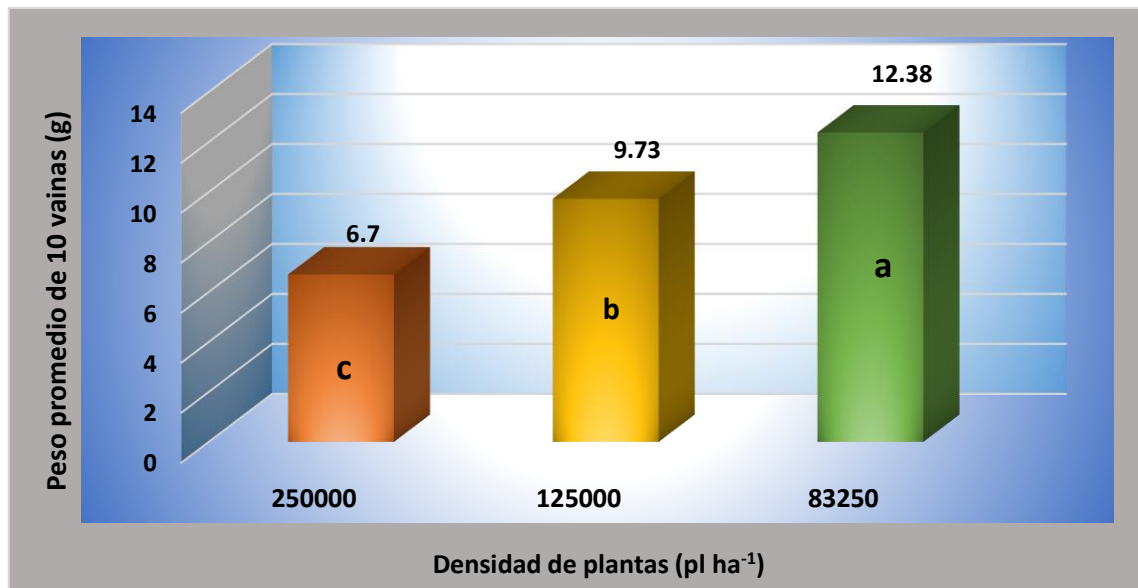
F. Variación	G. L	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	2	0.07	0.04	0.24	0.7888 ns
Densidad (D)	2	97.05	48.52	316.69	<0.0001**
Variedad (V)	1	0.13	0.13	0.82	0.3876 ns
Interacción (D*V)	2	0.67	0.33	2.19	0.1630 ns
Error	10	1.53	0.15		
Total	17	99.45			

C.V = 15.8 %

Según la prueba de Tukey del peso promedio de 10 vainas, presentados en la Figura 3.6, se encontró que el mayor peso por vaina se obtuvo con una densidad d3 (83 250 pl ha⁻¹), con un promedio de 12.38 g por vaina, mientras tanto a una densidad d2 (125 000 pl ha⁻¹) y d1 (250 000 pl ha⁻¹) se obtuvieron pesos promedios de 9.73 y 6.70 g por vaina, respectivamente, mostrando diferencias estadísticas entre ellas.

Figura 3.6

Prueba de Tukey de los efectos principales del peso promedio de 10 vainas del frijol vainita en tres densidades de plantas. Canaán, 2 750 msnm.



Lozano (2024), registró resultados promedios de 7.05 y 6.0 y g por vaina a una altitud de 620 msnm, con densidades de plantas de 142 857 pl ha⁻¹ y 214 286 pl ha⁻¹, y con distanciamientos de 0.70*0.30m y 0.70*0.20m, respectivamente, siendo estos valores inferiores a los promedios obtenidos en este estudio. Donde una posible explicación quizá se deba a que dicho autor manejo 3 plantas por golpe con respecto a 2 plantas por golpe como en el presente estudio.

En términos generales, se considera que las distintas densidades de plantas influyeron en el peso promedio de 10 vainas. Es posible que, a menores densidades, las plantas hayan contado con una mayor disponibilidad de nutrientes del suelo, así como de la pollinaza incorporada como fertilizante base, lo que permitió un mejor aprovechamiento por parte de los frutos.

3.2.6. Rendimiento en vaina verde

En la tabla 3.7, se muestra el análisis de varianza del rendimiento en vaina verde, en el cual se observó diferencias de alta significancia entre las densidades de plantas, lo que indica que este factor influyó de manera determinante, con un coeficiente de variabilidad del 16.3 %, se indica un grado adecuado de homogeneidad y precisión del experimento.

Tabla 3.10

Análisis de variancia del rendimiento en vaina verde con tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2 750 msnm.

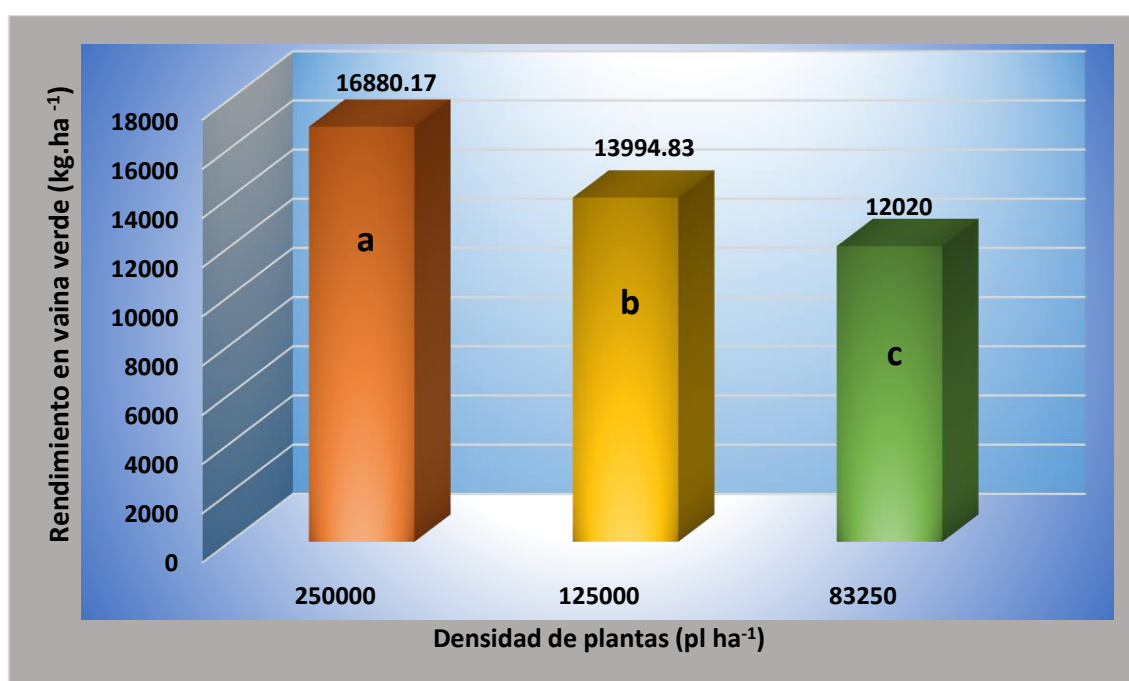
F. Variación	G. L	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	2	5818360.33	2909180.2	2.8	0.1063 ns
Densidad (D)	2	71692670.33	35846335.2	34.8	<0.0001**
Variedad (V)	1	2275555.56	2275555.6	2.2	0.1678 ns
Interacción (D*V)	2	2267840.11	1133920.1	1.1	0.3694 ns
Error	10	10288577.67	1028857.8		
Total	17	92343004.00			

C.V = 16.3 %

De acuerdo a los resultados de la prueba de Tukey, que se muestra en la figura 3.7, se encontró que el mayor rendimiento vaina verde del frijol vainita (16 880.17 kg ha⁻¹), corresponde a una densidad de d1 (250 000 pl ha⁻¹), mientras que con densidades d2 (125 000 pl ha⁻¹) y d3 (83 250 pl ha⁻¹) se encontraron 13 994.8 kg ha⁻¹ y 12 020.0 kg ha⁻¹, respectivamente, existiendo diferencia estadística entre las tres densidades de plantas.

Figura 3.7

Prueba de Tukey de los efectos principales del rendimiento en vaina verde de frijol vainita con tres densidades de plantas. Canaán, 2 750 msnm.



Lozano (2024) indica que no existen diferencias estadísticas en cuanto al rendimiento a diferentes densidades de plantas, pero obtiene un rendimiento general de 11 654 kg ha⁻¹ a 620 msnm con la incorporación de 6 t ha⁻¹ de gallinaza, utilizando una densidad de plantas de 142 857 pl ha⁻¹, siendo este un resultado inferior a los obtenidos en este estudio. Una posible causa de estos resultados pueda deberse a los diferentes factores agroclimáticos existentes a las altitudes de estudio.

Asimismo, Quispe (2017) obtuvo un rendimiento promedio de 15.67 t ha⁻¹ a 2 550 msnm con una densidad de 666 666 pl ha⁻¹ y un distanciamiento de 10*30 cm, además de la incorporación de 2 kg/m² con abono de ovino, Este rendimiento también resultó ligeramente inferior al obtenido en el presente estudio, posiblemente debido a la mayor densidad poblacional de plantas utilizada por el autor en su investigación.

Justo (2017), utilizando una densidad de 107 143 pl ha⁻¹ con un distanciamiento de 0.80*0.35m entre surcos y golpes, respectivamente, reportó un rendimiento de 17 482.14 kg ha⁻¹ a una altitud de 1 920 msnm, siendo un valor superior al obtenido en el presente estudio. Esta diferencia podría deberse principalmente al nivel de fertilización con 50-80-90 de NPK y compost que incorporo dicho autor en su investigación.

Por otro lado, Huaraya (2013), utilizando un distanciamiento 30 cm entre surcos, obtuvo un rendimiento promedio de 21 106.6 kg ha⁻¹ a una altitud de 2 712 msnm, resultado que supera a lo obtenido en el presente estudio. Dicha causa de esta diferencia podría deberse quizá a los niveles de nitrógeno incorporados por el autor en su manejo del cultivo.

Asimismo, varios autores, como Bosque (2016) y Jaimes (2019), si bien evaluaron sus rendimientos en grano seco, se coincide que a mayores densidades de plantas por hectárea se obtienen rendimientos superiores en comparación con densidades más bajas.

3.2.7. Índice de cosecha

En la Tabla 3.11 se presenta el análisis de varianza del índice de cosecha de las variedades de frijol vainita, con diferentes densidades de plantas (250 000, 125 000 y 83 250 pl ha⁻¹), en la que se encontró una alta significancia estadística entre los factores de densidad de plantas, así como en la interacción entre variedades x densidad; y diferencias

entre las variedades. Esto indica que tanto las variedades como las diferentes densidades de siembra y la interacción tuvieron un efecto en el resultado del índice de cosecha del frijol vainita, con un coeficiente de variación del 6.87 %, indicando un alto grado de homogeneidad entre las unidades de análisis y refleja una consistencia apropiada en el experimento.

Tabla 3.11

Análisis de variancia del índice de cosecha con tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2 750 msnm.

F. Variación	G. L	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	2	0.25	0.12	0.48	0.6301 ns
Densidad (D)	2	107.64	53.82	208.34	<0.0001**
Variedad (V)	1	1.68	1.68	6.51	0.0288*
Interacción (D*V)	2	21.85	10.92	42.29	<0.0001**
Error	10	2.58	0.26		
Total	17	134.01			

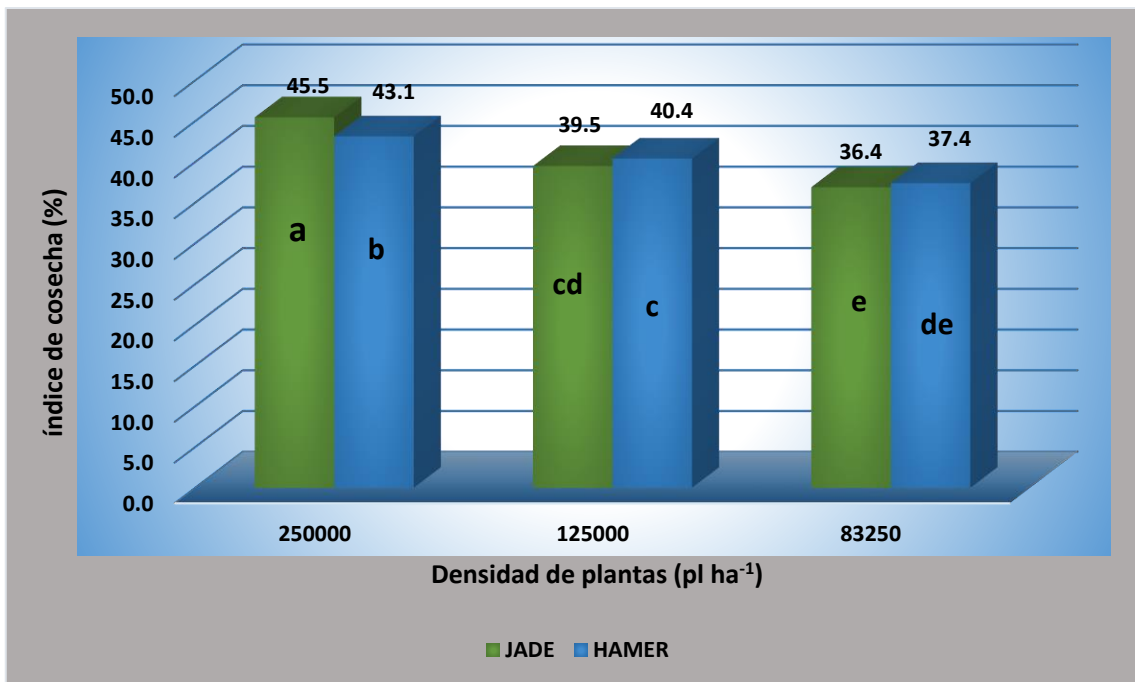
C.V = 6.87 %

Al efectuar la prueba de Tukey para determinar la influencia de las variedades y las densidades de plantas en el índice de cosecha (Figura 3.8), se observa que los mayores índices de cosecha (45.47% y 43.13%) se obtuvieron con una densidad de plantas d1 (250 000 pl ha⁻¹) en la variedad Jade y Hamer, respectivamente.

Asimismo, se puede observar que con las densidades d2 (125 000 pl ha⁻¹) y d3 (83 250 pl ha⁻¹) en ambas variedades evaluadas no presentaron altas diferencias significativas entre sí en cuanto al índice de cosecha, obteniendo promedios de 40.40% y 37.4% para la Hamer y de 39.5%, 36.4% de índice de cosecha para la Jade, respectivamente.

Figura 3.8

Prueba de Tukey de los efectos simples del índice de cosecha en tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2750 msnm.



Los resultados de la investigación evidencian una diferencia estadística significativa entre las diversas variedades analizadas, siendo principalmente tal diferencia entre las densidades de plantas y asimismo mostrando una superioridad de la variedad Hamer en las dos más bajas densidades. Sin embargo, a una d1 (250 000 pl ha⁻¹) la variedad Jade tiende a ser superior.

Considerando los resultados obtenidos en el estudio, es posible sugerir que esta diferencia se atribuye a factores genéticos, densidad de plantas, disponibilidad de nutrientes, el nivel de tolerancia propio de cada variedad, así como a condiciones climáticas y características del suelo.

4.2.8. Rentabilidad económica

El estudio de la rentabilidad económica se presenta en la tabla 3.12, el mismo que se realizó en función los costos de producción y la utilidad bruta. La mayor rentabilidad se obtuvo con la variedad Hamer a una densidad de d2 (125 000 pl ha⁻¹) y d1 (250 000 pl ha⁻¹), con valores de 79.1 y 76.3 %, que equivale a decir que por cada S/ 100 invertidos obtendremos un beneficio de S/ 79.1 y S/ 76.3 respectivamente.

Tabla 3.12

Costos de producción, beneficio Bruto y Rentabilidad económica de los diferentes tratamientos en el cultivo de frijol vainita (Phaseolus vulgaris L.). Canaán, 2 750 msnm – Ayacucho, 2024.

Tratamientos			Rendimiento (vainas)		Costos de Producción (S/.)			Ingreso (S/.)	Beneficio Bruto	Relación B/C	Rentabilidad	
Entre surcos y golpes (cm)	Densidad de pl ha ⁻¹	Variedad	kg ha ⁻¹	t ha ⁻¹	Costos variables	Costos Fijos	Costo total	Ventas (S/ 2.50 - kg)	(S/.)		(%)	
T5	80*20	125 000	Hamer	14 498	14.5	18 187.8	2 046.9	20 237.1	36 245.7	16 008.5	0.79	79.1
T4	80*10	250 000	Hamer	16 747	16.7	21 525.5	2 211.3	23 741.8	41 866.3	18 124.5	0.76	76.3
T6	80*30	83 250	Hamer	12 717	12.7	16 340.7	1 957.0	18 297.8	31 792.5	13 494.8	0.74	73.8
T1	80*10	250 000	Jade	17 014	17.0	23 222.2	2 296.1	25 523.3	42 534.7	17 011.4	0.67	66.7
T2	80*20	125 000	Jade	13 491	13.5	18 236.1	2 049.3	20 287.9	33 728.3	13 440.4	0.67	66.2
T3	80*30	83 250	Jade	11 323	11.3	15 855.8	1 932.8	17 788.6	28 307.3	10 518.7	0.59	59.1

Precio de la semilla de frijol vainita

Jade: S/ 45.0/kg

Hamer: S/ 60.0/kg

Nº de plantas/golpe = 2

Costos

Jornal = 50 S/.

transporte = 200 S/.

Venta de vainas

kg = 2.50 S/.

CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos, evidencian que las densidades de plantas influyen en el rendimiento en vaina del frijol vainita. Se observó que, a mayores densidades de plantas, específicamente de 250 000 pl ha⁻¹, se obtiene un incremento considerable del rendimiento en verde.
2. Se determinó que no se encontró diferencias estadísticas en el rendimiento en vaina entre las variedades Jade y Hamer, indicando un comportamiento productivo similar en ambas, bajo las condiciones agroclimáticas del área de estudio.
3. El análisis de rentabilidad económica evidenció que las densidades de plantas y las variedades utilizadas influyen significativamente en la rentabilidad del cultivo. Siendo el tratamiento T5 (Variedad Hamer × 125 000 pl ha⁻¹) el más rentable, alcanzando un margen de rentabilidad del 79.1%.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la adopción de una densidad de 250 000 plantas por hectárea, dado que esta condición generó los mayores rendimientos en vaina del frijol vainita.
- Se sugiere realizar un nuevo estudio considerando las mismas variedades con aplicación de diferentes niveles y tipos de fertilizantes (químicos y orgánicos).
- Realizar estudios adicionales en diversas localidades y en diferentes épocas del año para evaluar la estabilidad del rendimiento y la rentabilidad del frijol vainita. Particularmente, se sugiere realizar ensayos en periodos caracterizados por incrementos en el precio del producto y por condiciones de limitada disponibilidad de agua, a fin de validar el comportamiento productivo y económico del cultivo en ambientes más restrictivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almonte, E. (2017). *Abonamiento orgánico en base a sustancias húmicas y compost y su efecto en el rendimiento de vainita (Phaseolus vulgaris L.) variedad Venus en zonas Áridas*. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa, 72. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5684>
- Bosque, D. (2016). *Evaluación del comportamiento productivo de dos variedades de vainita (Phaseolus vulgaris L.) en tres densidades de siembra en ambiente atemperado en la Estación Experimental de Cota Cota*. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés, 127. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/10327>
- Calero, A., Pérez, Y., Quintero, E., González, Y., (2021). *Densidades de plantas adecuadas para incrementar el rendimiento agrícola del arroz*. Artículo de investigación, Centro Agrícola, 48(1), 28-36.
- Campos, A. (s.f.). *El Cultivo de la Vainita No Trepadora*. Manual de Asistencia Técnica Agrícola Obtenido de: https://www.agro-tecnologia-tropical.com/el_cultivo_de_la_vainita.html
- Carita, L. (2016). *Comportamiento agronómico de la vainita (Phaseolus vulgaris L.) bajo tres abonos orgánicos en ambiente protegido en la zona Vino Tinto del departamento de La Paz—Bolivia*. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/10539>
- Carrillo, E. (2018). *Efecto de la mezcla de abonos sintéticos y guano de isla en el rendimiento del cultivo de vainita en condiciones del centro Allpa Rumi de Marcará, 2017*. Tesis de grado. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2514>
- Cepeda, J. (2012). *Adaptación y densidad de siembra del fréjol vainita phaseolus vulgaris l. De comportamiento erecto variedad jade en la zona de Babahoyo*. Tesis de grado. Universidad Técnica de Babahoyo. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/955>
- Cronquist, A. (1998). *La evolución y clasificación de las plantas con flores*, 2ª ed. Nueva York: El jardín Botánico de Nueva Yorck.
- Debouck, D., & Hidalgo, R. (1985). *Morfología de la planta de frijol comun*. (eds.). Frijol: Investigación y producción. Programa de las Naciones Unidas (PNUD);

- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. p. 7-41. Obtenido de: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/81884>
- Doroteo, R. (2022). *Abonamiento orgánico con adición de npk en el rendimiento de frijol vainita (Phaseolus vulgaris L.) variedad jade en condiciones edafoclimáticas del Centro de Investigación Frutícola Olerícola Huánuco 2020*. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. <https://repositorio.unheval.edu.pe/item/cc7eb50c-c19c-4337-a119-c6f962bef614>
- Escalante, L., Eugenio, A., Santa Cruz Padilla, A., & Vásquez, J. (2022). *Manual de manejo agronómico de kiwicha*. En Instituto Nacional de Innovación Agraria. Instituto Nacional de Innovación Agraria. ISBN: 978-9972-44-102-8 <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/2019>
- Espinoza, V. (2021). *Rendimiento y calidad de siete cultivares de Vainita (Phaseolus vulgaris L.) en condiciones de La Molina*. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/8e9a74ef-af43-4ccd-b51a-98f635bbd4d2>
- Fernández, F., Gepts, P., & López, M. (2004). *Etapas de desarrollo en la planta de frijol*. (eds.). Frijol: Investigación y producción. Programa de las Naciones Unidas (PNUD); Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. p. 61-78. Obtenido de: <https://hdl.handle.net/10568/82106>
- Guzman, Y. (2019). *Tres variedades de vainita (Phaseolus vulgaris L.) con aplicaciones de ácidos húmicos, fúlvicos, crema de algas y nitrato de amonio*. Tesis de grado. Universidad Nacional de San Agustín. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/11271>
- Huaraya, J. (2013). *Efecto de cuatro niveles de fertilización nitrogenada y tres densidades de siembra en la producción de vainita (Phaseolus vulgaris) en la comunidad Vilaque Puya Puya de la provincia Muñecas*. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/4030>
- Ibáñez, R. & Aguirre, G. (1983). *Fertilidad de suelos*. Manual de prácticas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Humanga. 136 p.
- Jaimes, W. (2019). *Distanciamientos de siembra en el rendimiento de frijol vainita (Phaseolus vulgaris L.) variedad jade en condiciones edafoclimáticas de Cayhuayna Huánuco*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. <https://repositorio.unheval.edu.pe/item/82201c9d-045f-4a68-a7fd-32491e0067d2>

- Justo, J. (2017). *Distanciamientos de siembra y la fertilización en el rendimiento del frijol vainita (Phaseolus vulgaris L.) variedad jade en condiciones edafoclimáticas del Instituto de Investigación olerícola Frutícola Huánuco 2016*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. <https://repositorio.unheval.edu.pe/item/d7cc7367-c28e-4c87-b646-5adf29e90505>
- López, M., Fernández F., & Schoonhoven A. (1985). *Frijol - Investigación y Producción*. Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Lozano, R. (2024). *Densidad de plantas y niveles de gallinaza en el rendimiento de vainita (Phaseolus vulgaris L.)*. San Francisco-La Mar-Ayacucho. Tesis de pregrado. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/6518>
- Miranda, L., López, C., Benítez, I., & Mejía, J., (2016). *Desarrollo radical y rendimiento en diferentes variedades de trigo, cebada y triticale bajo condiciones limitantes de humedad del suelo*. Revista de investigación. *Terra Latinoamericana*, 34(4), 393-407.
- Mondragón, G., & Serrano, L. (2018). *Manejo de malezas en el cultivo de frijol en el centro de México*. Revista Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Obtenido de: <https://revista-agroproductividad.org/cgi-sys/suspendedpage.cgi>
- Mori, B. (2017). *Comparativo de seis cultivares de vainita (Phaseolus vulgaris L.) bajo condiciones de La Molina*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/93f99d15-8e67-405e-9b60-df431be3fc49>
- Munguía, J., Duran, N., Alejo, G., Salgado, S., Carrillo, F., & Martínez, S. (2019). *Cuantificación de Cu, Fe, Zn y Mo en pollinaza generada en pre lluvias, en lluvias y post lluvias*. Abanico agroforestal. *Revistas abanico* ISSN 2594-1992. 1-7 <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7985851.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego-MIDAGRI. (2024). *Perfil productivo Regional. Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias (SIEA)*. https://siea.midagri.gob.pe/siea_bi/
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales-ONERN. (1968). *Mapa Ecológico Del Perú*. <https://keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Maps/Mapa-Ecologico-Del-Peru-1976.pdf>

- Patiño, S. (2020). *Buenas prácticas para la producción de vainita y frijol*. Blog. Centro Fitotécnico y de Semillas Pairumani. Obtenido de: https://www.fitogen.fundacionpatino.org/docs/content/vainita-frijoles_26.pdf
- Quispe, V. (2017). *Comportamiento agronómico del cultivo de vainita (Phaseolus vulgaris L.) con la aplicación de tres niveles de estiércol de ovino a diferentes densidades de siembra en la provincia Loayza La Paz*. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/13657>
- Robles, M. & Santiago, C. (2019). *Fuentes orgánicas de nutrición en el rendimiento del cultivo de vainita (Phaseolus vulgaris L.), variedad jade, en condiciones edafoclimáticas de Marabamba, Huánuco, 2018*. Tesis de grado. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/4510>
- Toledo, J. (2003). *Cultivo de la vainita*. INIA, Estación Experimental Agraria Donoso - Huaral. Obtenido de: <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/80>.
- Valladolid, A. (2001). *El cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.) en la costa del Perú*. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Obtenido de: <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/860>
- Valladolid, A., Cantonal, E., & Chumbiauca, L. (2009). *FRIJOL INIA 404 - CIFAC 90105*. Ficha técnica. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Obtenido de: https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/frijol/INIA_404.pdf
- Verde, E. (2022). *Efecto de cinco productos no hormonales en la calidad y rendimiento del cultivo de Phaseolus vulgaris L. "vainita" en Huaral*. Tesis de grado. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/7047>

ANEXOS

Anexo 1. Galería de fotografías

Fotografía 1. Toma de muestra de suelo para su análisis físico-químico



Fotografía 2. Volteo de suelo del terreno de experimentación



Fotografía 3. Mullido y surcado del terreno experimental



Fotografías 4 y 5. Aplicación de pollinaza de fondo en cada surco experimental.



Fotografía 6. Aplicación de NPK de base en el campo experimental.



Fotografías 7 y 8. Instalación de cintas de riego en cada surco experimental.



Fotografía 9. Siembra, demarcación y primer riego en el campo experimental



Fotografía 10 y 11. Emergencia de la vainita Jade (1) y Hamer (2) respectivamente a los 7 días después de la siembra



Fotografía 12 y 13. Aplicación de agroquímicos (fungicida e insecticida) fitosanitarios.



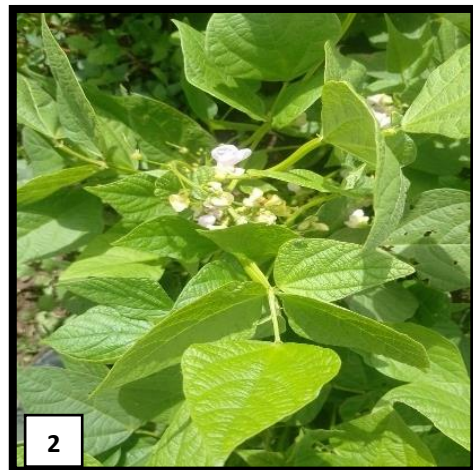
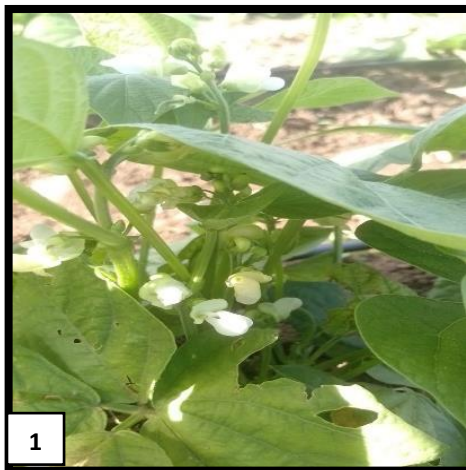
Fotografía 14. Riego controlado durante días secos



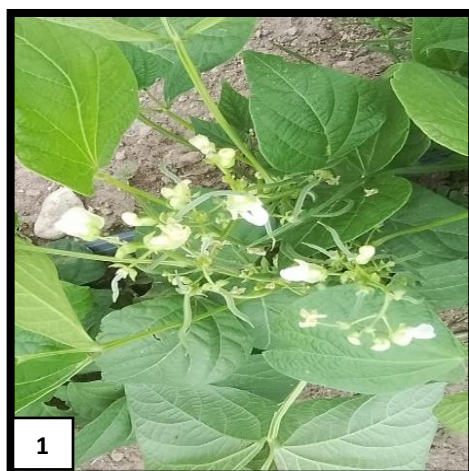
Fotografía 15 y 16. Deshierbo manual de las unidades experimentales



Fotografía 17 y 18. Inicio de la etapa de floración en la variedad: Jade (1) y Hamer (2).



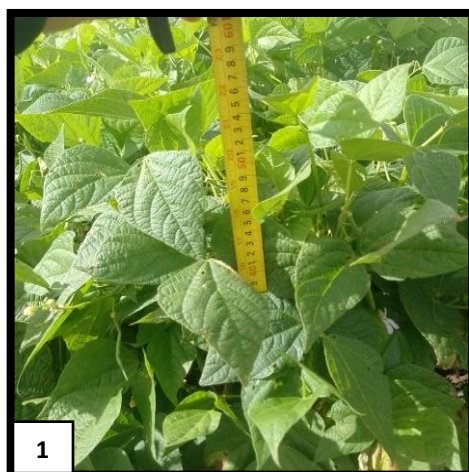
Fotografía 19 y 20. Inicio de la etapa de formación de vainas en la variedad: Jade (1) y Hamer (2) respectivamente.



Fotografía 21 y 22. Aporque del cultivo de frijol vainita



Fotografía 23 y 24. Registros de altura de planta de la variedad: Jade (1) y Hamer (2) respectivamente.



Fotografía 25 y 26. Llenado de vainas de la variedad: Jade (1) y Hamer (2) respectivamente, listas para la cosecha.



Fotografía 27. Frijol vainita en su madurez



Fotografía 28 y 29. Cosecha del frijol vainita variedad: Jade (1) y Hamer (2)



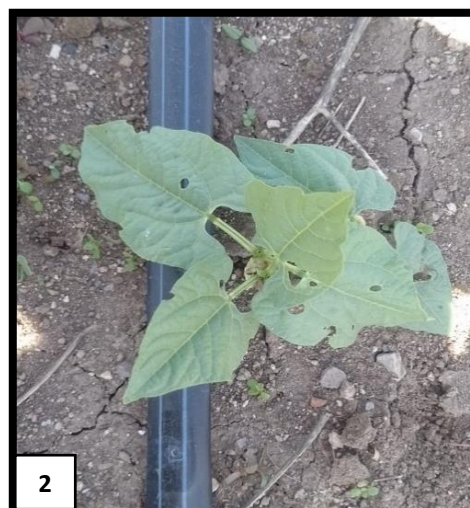
Fotografía 30 y 31. Registro de Biomasa de la variedad: Jade (1) y Hamer (2).



Fotografía 32 y 33. Síntomas de chupadera en la variedad: Jade (1) y Hamer (2).



Fotografía 34 y 35. Síntomas de la *Diabrotica balteata* en la variedad: Jade (1) y Hamer (2).



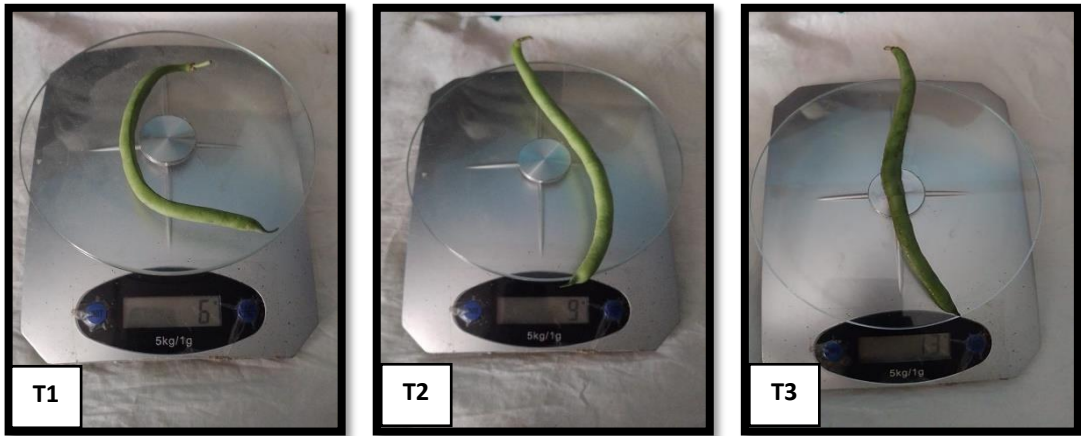
Fotografía 36 y 37. Síntomas en las vainas por Antracnosis (1) y Tizón Común (2).



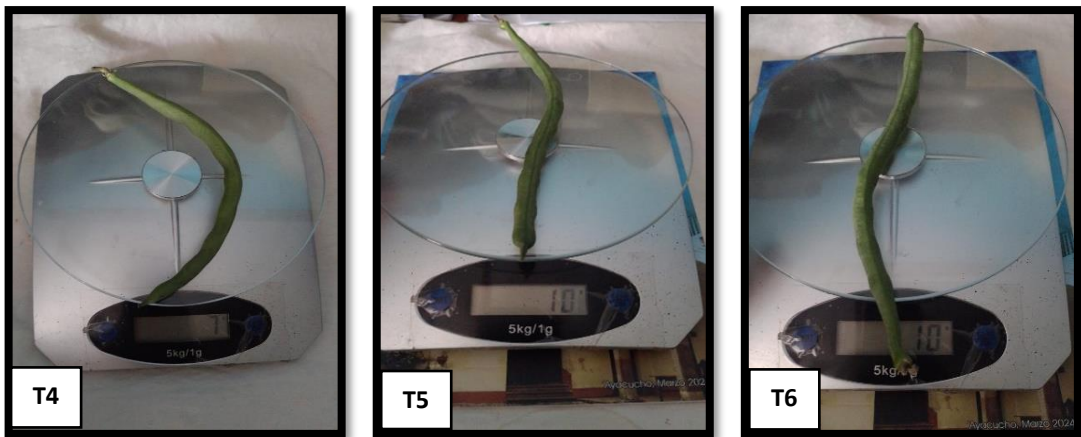
Fotografía 38. Pudrición de vainas que estaban en contacto con el suelo húmedo.



Fotografía 39, 40 y 41. Registro de peso de vainas con una balanza de la variedad: Jade



Fotografía 42, 43 y 44. Registro de peso de vainas con una balanza de la variedad: Hamer



Fotografía 40 y 41 Longitud de vainas por tratamiento en la variedad: Jade (1) y Hamer (2).



Anexo 2. Análisis de costos de producción por tratamiento

Variedad	JADE		C.U.	98 %
Tratamiento	T1	(0.8*0.10m)	Densidad	250000 pl. ha ⁻¹
RUBROS	Unidad de Medida	Cantidad por ha⁻¹	Precio unitario	Costo Total /ha⁻¹
I. COSTOS DIRECTOS				23222.2
INSUMOS				8242.2
Semillas				
Semillas	kg	103.8	45	4672.19
Fertilizantes				
Pollinaza	sacos (20kg)	50	35	1750
Urea	sacos (50kg)	4.2	165	693
Fosfato Diamónico	sacos (50kg)	4.12	150	618
Plaguicidas				
Rhizolex® - T	Und	3	80	240
Vitavax 300 WP	Und	3	48	144
Cyplerklin 25	L	1	65	65
Abono foliar K - B	Und	2	30	60
MANO DE OBRA				14300
Siembra				
Desinfección de semillas	Jornal	1	50	50
Siembra	Jornal	4	50	200
Labores culturales				
Deshierbos	Jornal	10	50	500
Raleo	Jornal	4	50	200
Aplicación de Fungicidas	Jornal	4	50	200
Aplicación de Insecticidas	Jornal	4	50	200
Aplicación de abonos foliares	Jornal	4	50	200
Aporque del cultivo	Jornal	10	60	600
Cosecha				
Cosecha de vainas	Jornal	243	50	12150
MECANIZACIÓN				480
Preparacion de Terreno				
Aradura	hr - maq.	4	60	240
Pasada de Rastra y Nivelado	hr - maq.	2	60	120
Surqueo	hr - maq.	2	60	120
OTROS GASTOS				200
Transporte	Global	1	200	200
II. COSTOS INDIRECTOS				2296.1
Herramientas y materiales		1	300	300
Alquiler del terreno (ha)		1	500	500
Análisis de suelo		1	90	90
Asistencia Técnica		1	250	250
Imprevistos (5% CD)		1	1161.11	1161.11
COSTO TOTAL (\$/.)				25523.3

Variedad	JADE		C.U.	98 %
Tratamiento	T2	(0.8*0.20m)	Densidad	125000 pl. ha ⁻¹
RUBROS	Unidad de Medida	Cantidad por ha⁻¹	Precio unitario	Costo Total /ha⁻¹
I. COSTOS DIRECTOS				18236.1
INSUMOS				5906.1
Semillas				
Semillas	kg	51.9	45	2336.10
Fertilizantes				
Pollinaza	sacos (20kg)	50	35	1750
Urea	sacos (50kg)	4.2	165	693
Fosfato Diamónico	sacos (50kg)	4.12	150	618
Plaguicidas				
Rhizolex® - T	Und	3	80	240
Vitavax 300 WP	Und	3	48	144
Cyplerklin 25	L	1	65	65
Abono foliar K - B	Und	2	30	60
MANO DE OBRA				11650
Siembra				
Desinfección de semillas	Jornal	1	50	50
Siembra	Jornal	2	50	100
Labores culturales				
Deshierbos	Jornal	10	50	500
Raleo	Jornal	2	50	150
Aplicación de Fungicidas	Jornal	4	50	200
Aplicación de Insecticidas	Jornal	4	50	200
Aplicación de abonos foliares	Jornal	4	50	200
Aporque del cultivo	Jornal	10	60	600
Cosecha				
Cosecha de vainas	Jornal	193	50	9650
MECANIZACIÓN				480
Preparacion de Terreno				
Aradura	hr - maq.	4	60	240
Pasada de Rastra y Nivelado	hr - maq.	2	60	120
Surqueo	hr - maq.	2	60	120
OTROS GASTOS				200
Transporte	Global	1	200	200
II. COSTOS INDIRECTOS				2051.8
Herramientas y materiales		1	300	300
Alquiler del terreno (ha)		1	500	500
Análisis de suelo		1	90	90
Asistencia Técnica		1	250	250
Imprevistos (5% CD)		1	911.8	911.8
COSTO TOTAL (S/.)				20287.9

Variedad	JADE		C.U.	98 %
Tratamiento	T3	(0.8*0.30m)	Densidad	83250 pl. ha ⁻¹
RUBROS	Unidad de Medida	Cantidad por ha⁻¹	Precio unitario	Costo Total /ha⁻¹
I. COSTOS DIRECTOS				15855.8
INSUMOS				5125.8
Semillas				
Semillas	kg	34.6	45	1555.8
Fertilizantes				
Pollinaza	sacos (20kg)	50	35	1750
Urea	sacos (50kg)	4.2	165	693
Fosfato Diamónico	sacos (50kg)	4.12	150	618
Plaguicidas				
Rhizolex® - T	Und	3	80	240
Vitavax 300 WP	Und	3	48	144
Cyplerklin 25	L	1	65	65
Abono foliar K - B	Und	2	30	60
MANO DE OBRA				10050
Siembra				
Desinfección de semillas	Jornal	1	50	50
Siembra	Jornal	2	50	100
Labores culturales				
Deshierbos	Jornal	10	50	500
Raleo	Jornal	2	50	100
Aplicación de Fungicidas	Jornal	4	50	200
Aplicación de Insecticidas	Jornal	4	50	200
Aplicación de abonos foliares	Jornal	4	50	200
Aporque del cultivo	Jornal	10	60	600
Cosecha				
Cosecha de vainas	Jornal	162	50	8100
MECANIZACIÓN				480
Preparacion de Terreno				
Aradura	hr - maq.	4	60	240
Pasada de Rastra y Nivelado	hr - maq.	2	60	120
Surqueo	hr - maq.	2	60	120
OTROS GASTOS				200
Transporte	Global	1	200	200
II. COSTOS INDIRECTOS				1932.8
Herramientas y materiales		1	300	300
Alquiler del terreno (ha)		1	500	500
Análisis de suelo		1	90	90
Asistencia Técnica		1	250	250
Imprevistos (5% CD)		1	792.8	792.8
COSTO TOTAL (S/.)				17788.6

Variedad	HAMER		C.U.	98 %
Tratamiento	T4	(0.8*0.10m)	Densidad	250000 pl. ha ⁻¹
RUBROS	Unidad de Medida	Cantidad por ha⁻¹	Precio unitario	Costo Total /ha⁻¹
I. COSTOS DIRECTOS				21525.5
INSUMOS				6845.5
Semillas				
Semillas	kg	54.6	60	3276
Fertilizantes				
Pollinaza	sacos (20kg)	50	35	1750
Urea	sacos (50kg)	4.2	165	693
Fosfato Diamónico	sacos (50kg)	4.12	150	618
Plaguicidas				
Rhizolex® - T	Und	3	80	240
Vitavax 300 WP	Und	3	48	144
Cyplerklin 25	L	1	65	65
Abono foliar K - B	Und	2	30	60
MANO DE OBRA				14000.0
Siembra				
Desinfección de semillas	Jornal	1	50	50
Siembra	Jornal	2	50	100
Labores culturales				
Deshierbos	Jornal	10	50	500
Raleo	Jornal	4	50	200
Aplicación de Fungicidas	Jornal	4	50	200
Aplicación de Insecticidas	Jornal	4	50	200
Aplicación de abonos foliares	Jornal	4	50	200
Aporque del cultivo	Jornal	10	60	600
Cosecha				
Cosecha de vainas	Jornal	239	50	11950
MECANIZACIÓN				480
Preparación de Terreno				
Aradura	hr - maq.	4	60	240
Pasada de Rastra y Nivelado	hr - maq.	2	60	120
Surqueo	hr - maq.	2	60	120
OTROS GASTOS				200
Transporte	Global	1	200	200
II. COSTOS INDIRECTOS				2216.3
Herramientas y materiales		1	300	300
Alquiler del terreno (ha)		1	500	500
Análisis de suelo		1	90	90
Asistencia Técnica		1	250	250
Imprevistos (5% CD)		1	1076.3	1076.3
COSTO TOTAL (S/.)				23741.8

Variedad	HAMER		C.U.	98 %
Tratamiento	T5	(0.8*0.20m)	Densidad	125000 pl. ha ⁻¹
RUBROS	Unidad de Medida	Cantidad por ha⁻¹	Precio unitario	Costo Total /ha⁻¹
I. COSTOS DIRECTOS				18187.76
INSUMOS				5207.76
Semillas				
Semillas	kg	27.3	60	1638
Fertilizantes				
Pollinaza	sacos (20kg)	50	35	1750
Urea	sacos (50kg)	4.2	165	693
Fosfato Diamónico	sacos (50kg)	4.12	150	618
Plaguicidas				
Rhizolex® - T	Und	3	80	240
Vitavax 300 WP	Und	3	48	144
Cyplerklin 25	L	1	65	65
Abono foliar K - B	Und	2	30	60
MANO DE OBRA				12300
Siembra				
Desinfección de semillas	Jornal	1	50	50
Siembra	Jornal	1	50	50
Labores culturales				
Deshierbos	Jornal	10	50	500
Raleo	Jornal	3	50	150
Aplicación de Fungicidas	Jornal	4	50	200
Aplicación de Insecticidas	Jornal	4	50	200
Aplicación de abonos foliares	Jornal	4	50	200
Aporque del cultivo	Jornal	10	60	600
Cosecha				
Cosecha de vainas	Jornal	207	50	10350
MECANIZACIÓN				480
Preparación de Terreno				
Aradura	hr - maq.	4	60	240
Pasada de Rastra y Nivelado	hr - maq.	2	60	120
Surqueo	hr - maq.	2	60	120
OTROS GASTOS				200
Transporte	Global	1	200	200
II. COSTOS INDIRECTOS				2049.4
Herramientas y materiales		1	300	300
Alquiler del terreno (ha)		1	500	500
Análisis de suelo		1	90	90
Asistencia Técnica		1	250	250
Imprevistos (5% CD)		1	909.4	909.4
COSTO TOTAL (S/.)				20237.1

Variedad	HAMER		C.U.	98 %
Tratamiento	T6	(0.8*0.30m)	Densidad	83250 pl. ha ⁻¹
RUBROS	Unidad de Medida	Cantidad por ha⁻¹	Precio unitario	Costo Total/ha⁻¹
I. COSTOS DIRECTOS				16340.7
INSUMOS				4660.7
Semillas				
Semillas	kg	18.2	60	1090.7
Fertilizantes				
Pollinaza	sacos (20kg)	50	35	1750
Urea	sacos (50kg)	4.2	165	693
Fosfato Diamónico	sacos (50kg)	4.12	150	618
Plaguicidas				
Rhizolex® - T	Und	3	80	240
Vitavax 300 WP	Und	3	48	144
Cyplerklin 25	L	1	65	65
Abono foliar K - B	Und	2	30	60
MANO DE OBRA				11000
Siembra				
Desinfección de semillas	Jornal	1	50	50
Siembra	Jornal	1	50	50
Labores culturales				
Deshierbos	Jornal	10	50	500
Raleo	Jornal	2	50	100
Aplicación de Fungicidas	Jornal	4	50	200
Aplicación de Insecticidas	Jornal	4	50	200
Aplicación de abonos foliares	Jornal	4	50	200
Aporque del cultivo	Jornal	10	60	600
Cosecha				
Cosecha de vainas	Jornal	182	50	9100
MECANIZACIÓN				480
Preparación de Terreno				
Aradura	hr - maq.	4	60	240
Pasada de Rastra y Nivelado	hr - maq.	2	60	120
Surqueo	hr - maq.	2	60	120
OTROS GASTOS				200
Transporte	Global	1	200	200
II. COSTOS INDIRECTOS				1957.0
Herramientas y materiales		1	300	300
Alquiler del terreno (ha)		1	500	500
Análisis de suelo		1	90	90
Asistencia Técnica		1	250	250
IMprevistos (5% CD)		1	817.0	817.0
COSTO TOTAL (S/.)				18297.8

Anexo 3. Cuadro de registro y evaluaciones en campo

CRITERIOS DE PRECOCIDAD

Anexo 3.1. Días a la emergencia después de la siembra

TRATAMIENTO	DENSIDAD	BLOQUES			SUM. TRAT	PROM. TRAT
		I	II	III		
T1	DS: 0.8 x DP:0.10	6	6	6	18	6.0
T2	DS: 0.8 x DP:0.20	6	6	5	17	5.7
T3	DS: 0.8 x DP:0.30	6	5	6	17	5.7
T4	DS: 0.8 x DP:0.10	7	7	6	20	7.0
T5	DS: 0.8 x DP:0.20	7	6	7	21	6.7
T6	DS: 0.8 x DP:0.30	6	7	6	19	6.3
SUMA DE BLOQUES		38	37	36	112	
PROMEDIO DE BLOQUES		6.3	6.2	6.0		6.2

Anexo 3.2. Días a la floración después de la siembra

TRATAMIENTO	DENSIDAD	BLOQUES			SUM. TRAT	PROM. TRAT
		I	II	III		
T1	DS: 0.8 x DP:0.10	33	33	34	100	33.3
T2	DS: 0.8 x DP:0.20	34	33	34	101	33.7
T3	DS: 0.8 x DP:0.30	34	34	35	103	34.3
T4	DS: 0.8 x DP:0.10	35	34	35	104	34.7
T5	DS: 0.8 x DP:0.20	35	35	35	105	35.0
T6	DS: 0.8 x DP:0.30	36	35	35	106	35.3
SUMA DE BLOQUES		206	204	208	619	
PROMEDIO DE BLOQUES		34.3	34	34.7		34.4

Anexo 3.3. Días a la formación de vainas después de la siembra

TRATAMIENTO	DENSIDAD	BLOQUES			SUM. TRAT	PROM. TRAT
		I	II	III		
T1	DS: 0.8 x DP:0.10	39	39	38	118	39.3
T2	DS: 0.8 x DP:0.20	39	41	39	119	39.7
T3	DS: 0.8 x DP:0.30	38	41	41	120	40.0
T4	DS: 0.8 x DP:0.10	42	41	41	124	41.3
T5	DS: 0.8 x DP:0.20	43	42	42	127	42.3
T6	DS: 0.8 x DP:0.30	42	43	43	128	42.7
SUMA DE BLOQUES		243	247	244	739	
PROMEDIO DE BLOQUES		40.5	41.2	40.6		40.9

Anexo 3.4. Días a la cosecha de vainas después de la siembra

TRATAMIENTO	DENSIDAD	BLOQUES			SUM. TRAT	PROM. TRAT
		I	II	III		
T1	DS: 0.8 x DP:0.10	62	62	63	187	62.3
T2	DS: 0.8 x DP:0.20	63	62	62	187	62.3
T3	DS: 0.8 x DP:0.30	61	63	62	186	62.0
T4	DS: 0.8 x DP:0.10	65	64	65	194	64.6
T5	DS: 0.8 x DP:0.20	65	65	66	196	65.3
T6	DS: 0.8 x DP:0.30	66	64	66	196	65.3
SUMA DE BLOQUES		382	381	383	1140	
PROMEDIO DE BLOQUES		63.6	63.5	63.8		63.3

CRITERIOS DE PRODUCTIVIDAD

Anexo 3.5. Altura de planta (cm)

TRATAMIENTO	DENSIDAD	BLOQUES			SUM. TRAT	PROM. TRAT
		I	II	III		
T1	DS: 0.8 x DP:0.10	43.8	44	41.5	129.3	42.73
T2	DS: 0.8 x DP:0.20	46	45.8	46	137.8	45.9
T3	DS: 0.8 x DP:0.30	49	48.2	48.3	145.5	48.7
T4	DS: 0.8 x DP:0.10	42.5	43	42	127.5	42.60
T5	DS: 0.8 x DP:0.20	46.4	46.5	47	139.9	46.57
T6	DS: 0.8 x DP:0.30	49.5	50	49.5	149	49.60
SUMA DE BLOQUES		277.2	277.5	274.3	897.3	
PROMEDIO DE BLOQUES		46.2	46.25	45.71		46.02

Anexo 3.6. Número de vainas por planta (#)

TRATAMIENTO	DENSIDAD	BLOQUES			SUM. TRAT	PROM. TRAT
		I	II	III		
T1	DS: 0.8 x DP:0.10	14	13	15	42	14.0
T2	DS: 0.8 x DP:0.20	16	13	16	45	15.0
T3	DS: 0.8 x DP:0.30	16	17	16	49	16.3
T4	DS: 0.8 x DP:0.10	14	12	13	39	12.8
T5	DS: 0.8 x DP:0.20	17	18	17	52	17.3
T6	DS: 0.8 x DP:0.30	18	19	18	55	18.4
SUMA DE BLOQUES		95	92	95	282	
PROMEDIO DE BLOQUES		15.8	15.3	15.8		12.1

Anexo 3.7. Peso de vainas por tratamiento (g)

TRATAMIENTO	DENSIDAD	BLOQUES			SUM. TRAT	PROM. TRAT
		I	II	III		
T1	DS: 0.8 x DP:0.10	6.4	6.7	6.2	19.3	6.4
T2	DS: 0.8 x DP:0.20	9.5	9.8	9.4	28.7	9.6
T3	DS: 0.8 x DP:0.30	13.0	12.5	12.2	37.7	12.6
T4	DS: 0.8 x DP:0.10	7.4	6.8	6.7	20.9	7.0
T5	DS: 0.8 x DP:0.20	9.3	9.9	10.5	29.7	9.9
T6	DS: 0.8 x DP:0.30	12.4	12.1	12.1	36.6	12.2
SUMA DE BLOQUES		58	57.8	57.1	172.9	
PROMEDIO DE BLOQUES		9.7	9.6	9.5		9.6

Anexo 3.8. Número de granos por vaina (#)

TRATAMIENTO	DENSIDAD	BLOQUES			SUM. TRAT	PROM. TRAT
		I	II	III		
T1	DS: 0.8 x DP:0.10	6.4	6.55	6.6	19.55	6.5
T2	DS: 0.8 x DP:0.20	7.45	7.55	7.45	22.45	7.5
T3	DS: 0.8 x DP:0.30	7.8	7.95	7.9	23.65	7.9
T4	DS: 0.8 x DP:0.10	6	6.3	6.35	18.65	6.2
T5	DS: 0.8 x DP:0.20	6.9	6.9	6.8	20.6	6.9
T6	DS: 0.8 x DP:0.30	7.36	7.55	7.3	22.21	7.4
SUMA DE BLOQUES		41.91	42.8	42.4	127.1	
PROMEDIO DE BLOQUES		7.0	7.1	7.1		7.1

Anexo 3.9. Longitud de vaina por tratamiento (cm)

TRATAMIENTO	DENSIDAD	BLOQUES			SUM. TRAT	PROM. TRAT
		I	II	III		
T1	DS: 0.8 x DP:0.10	12.8	13.0	12.6	38.4	12.8
T2	DS: 0.8 x DP:0.20	16.0	14.8	15.3	46.1	15.4
T3	DS: 0.8 x DP:0.30	19.2	18.8	18.7	56.7	18.9
T4	DS: 0.8 x DP:0.10	13.0	12.8	12.0	37.8	12.6
T5	DS: 0.8 x DP:0.20	16.4	14.9	15.0	46.3	15.4
T6	DS: 0.8 x DP:0.30	17.9	18.2	18.0	54.1	18.0
SUMA DE BLOQUES		95.3	92.5	91.6	279.4	
PROMEDIO DE BLOQUES		15.9	15.4	15.3		15.52

Anexo 3.10. Rendimiento en vaina verde por hectárea (kg/ha) - (Tn/ha)

TRATAMIENTO	DENSIDAD	BLOQUES			SUM. TRAT	PROM. TRAT	PROM. (Tn)
		I	II	III			
T1	DS: 0.8 x DP:0.10	17979	16214	16849	51041.7	17014	17.01
T2	DS: 0.8 x DP:0.20	11740	14729	14005	40474.0	13491	13.49
T3	DS: 0.8 x DP:0.30	10396	12818	10755	33968.8	11323	11.32
T4	DS: 0.8 x DP:0.10	15979	17849	16411	50239.6	16747	16.75
T5	DS: 0.8 x DP:0.20	14281	14318	14896	43494.8	14498	14.50
T6	DS: 0.8 x DP:0.30	11594	14323	12234	38151.0	12717	12.72
SUMA DE BLOQUES		81969	90250	85151	257369.8		
PROMEDIO DE BLOQUES		13661	15042	14192		14298	14.29

Anexo 3.11. Índice de cosecha (%)

TRATAMIENTO	DENSIDAD	BLOQUES			SUM. TRAT	PROM. TRAT
		I	II	III		
T1	DS: 0.8 x DP:0.10	45.3	45.0	46.1	136.4	45.5
T2	DS: 0.8 x DP:0.20	38.5	40.6	39.5	118.6	39.5
T3	DS: 0.8 x DP:0.30	37.2	36.3	36.5	110.0	36.4
T4	DS: 0.8 x DP:0.10	42.9	43.1	43.4	129.4	43.1
T5	DS: 0.8 x DP:0.20	40.3	40.5	40.4	121.2	40.4
T6	DS: 0.8 x DP:0.30	37.2	37.6	37.3	112.1	37.4
SUMA DE BLOQUES		241.9	243.5	243.2	727.7	
PROMEDIO DE BLOQUES		41.3	40.2	40.5		40.43

Anexo 4. Resultados del análisis de suelos



MULTISERVICIOS AGROLAB

INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

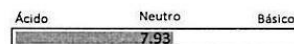
ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

ASESORÍA Y CAPACITACIÓN EN:

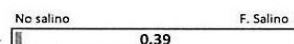
- EVALUACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS.
- INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS AGRÍCOLA.
- USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS.
- ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.
- AGRICULTURA SUSTENTABLE.

Solicitante	Sr. Luque Mendez Gustavo Teilhor				Fecha	11/11/2023
Nombre de proyecto	N/A					
Departamento	Ayacucho	Provincia	Huamanga	Distrito	A.A. Cáceres D.	
Comunidad		Altitud (m.s.n.m.)	N/A	Coordenadas	N/A	
Código de muestra	12600	Referencia de Campo	C.E. Canaan	Instalación	Frijol vainita	

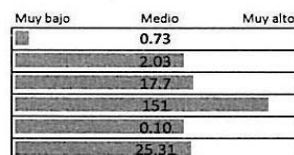
Parámetro	Resultado	Unidad	Clasificación
1 pH (1:1)	7.93	Unidad pH	Moderadamente alcalino



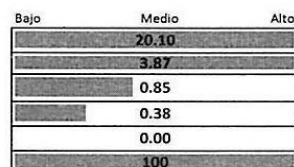
2 Conductividad (1:1)	0.39	dS m. ⁻¹	No salino
-----------------------	------	---------------------	-----------



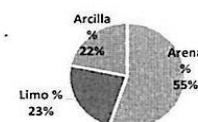
3 Carbonatos	0.73	%	Muy bajo
4 Materia orgánica	2.03	%	Medio
5 Fósforo disponible	17.7	ppm	Medio
6 Potasio disponible	151	ppm	Muy Alto
7 Nitrógeno	0.10	ppm	Medio
8 C.I.C.	25.31	Cmol (+).kg-1	Alto



Parámetro	Resultado	Unidad	Clasificación
10 Ca ⁺⁺	20.10	Cmol (+).kg-1	Alto
11 Mg ⁺⁺	3.87	Cmol (+).kg-1	Alto
12 K ⁺	0.85	Cmol (+).kg-1	Alto
13 Na ⁺	0.38	Cmol (+).kg-1	Bajo
14 Al ³⁺ + H ⁺	0.00	Cmol (+).kg-1	Muy bajo
15 Saturación de bases	100	%	Alto



Clase textural			
Arena	%	55	Clase Fr.Ar.A.
Limo	%	23	
Arcilla	%	22	



Relaciones catiónicas		
Parámetro	Resultado	Valoración
Ca / K	23.75	Deficiencia de Potasio
Ca / Mg	5.19	ideal
Mg / K	4.57	Deficiencia de Potasio
(Ca + Mg + K)/Al	-	-

11/11/2023, R.D. Marheleni Cerda Gómez
Responsable de Laboratorio

A = arena, A.Fr = Arena franca; Fr.A. = Franco arenoso; Fr = Franco; Fr.L = Franco limoso; L = Limoso; FrArA = Franco arcillo arenoso; FrAr = Franco arcilloso; FrArL = Franco arcillo limoso; ArA = Arcillo arenoso; ArL = Arcillo limoso; Ar = Arcilloso.

Urb. Mariscal Cáceres Mz. "G-12" - Ayacucho / ☎ (066) 312049 - 📞 966938028 - 966631889 / 📠 982781298 ✉ agrolab01@yahoo.es - agrolab107@gmail.com



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. GUSTAVO TEILHOR LUQUE MENDEZ

R.D. N° 094-2025-UNSCH-FCA-D

En la ciudad de Ayacucho a los quince días del mes de mayo del año dos mil veinticinco, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por Dr. Rolando Bautista Gómez, Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa como asesor, Ing. Eduardo Robles García y el Ing. Edgar Tenorio Mancilla; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Densidades de plantas en el rendimiento de dos variedades de frijol vainita (*Phaseolus vulgaris* L.). Canaán, 2750 msnm - Ayacucho**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo presentado por el Bachiller **GUSTAVO TEILHOR LUQUE MENDEZ**.

El señor Decano previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Dr. Rolando Bautista Gómez	17	14	14	15
Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa	16	16	16	16
Ing. Eduardo Robles García	16	16	16	16
Ing. Edgar Tenorio Mancilla	17	15	16	16
PROMEDIO GENERAL				16

Acto seguido se invita al sustentante y publico en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.


.....
Dr. Rolando Bautista Gómez
Presidente


.....
Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa
Asesor


.....
Ing. Eduardo Robles García
Jurado


.....
Ing. Edgar Tenorio Mancilla
Jurado


.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente



CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe coordinador responsable de la valoración y verificación de originalidad de los trabajos de investigación y de tesis de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, designado mediante la RCF N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo de tesis titulado;

Densidades de plantas en el rendimiento de dos variedades de frijol vainita (*Phaseolus vulgaris* L.). Canaán, 2750 msnm – Ayacucho

Autor : Gustavo Teilhor LUQUE MENDEZ

Asesor : Lurquín Marino ZAMBRANO OCHOA

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, y RCU N° 1530-2023-UNSCH-CU, emitiendo un resultado de **diecinueve (19 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2696327776

Ayacucho, 10 de junio de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias

Dr. Yuri Gálvez Gastelú
Coordinador de Control de Originalidad de
Trabajos de Investigación y Tesis - FCA

Densidades de plantas en el
rendimiento de dos variedades
de frijol vainita (*Phaseolus
vulgaris* L.). Canaán, 2750
msnm – Ayacucho

por Gustavo Teilhor LUQUE MENDEZ

Fecha de entrega: 10-jun-2025 11:10a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2696327776

Nombre del archivo: Tesis_Gustavo_Teilhor_LUQUE_MENDEZ_EPA.docx (11.09M)

Total de palabras: 22598

Total de caracteres: 113221

Densidades de plantas en el rendimiento de dos variedades de frijol vainita (*Phaseolus vulgaris* L.). Canaán, 2750 msnm – Ayacucho

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	7%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	1%
4	1library.co Fuente de Internet	1%
5	jasekecu.blogspot.com Fuente de Internet	1%
6	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorioslatinoamericanos.uchile.cl Fuente de Internet	1%

9	repositorio.inia.gob.pe Fuente de Internet	1 %
10	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	eprints.uanl.mx Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	cultivossalternativos.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
14	www.engormix.com Fuente de Internet	<1 %
15	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
16	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.ujcm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo

Densidades de plantas en el rendimiento de dos variedades de frijol vainita (*Phaseolus vulgaris* L.). Canaán, 2 750 msnm – Ayacucho

Plant densities and yield of two varieties of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Canaán, 2,750 meters above sea level – Ayacucho

Gustavo Teilhor Luque Mendez¹,
gustavo.luque.01@unsch.edu.pe

Lurquín Marino Zambrano Ochoa²
lurquin.zambrano@unsch.edu.pe

Áreas de investigación: Medio Ambiente
Línea de investigación: Sistemas de Producción Agrícola

RESUMEN

El trabajo de investigación se llevó cabo con el objetivo de determinar la influencia de tres densidades de plantas en el rendimiento de dos variedades de frijol vainita, en condiciones del Centro Experimental Canaán a 2 750 msnm - Ayacucho. Se utilizó el diseño de Bloque Completo Randomizado (DBCR), con arreglo factorial 3 densidades de plantas x 2 variedades de frijol vainita; siendo (D) 250 000, 125 000 y 83 250 pl ha⁻¹ y (V) variedad de frijol vainita: Jade y Hamer, con 6 tratamientos y 3 repeticiones. Las variables evaluadas incluyeron características de precocidad, como el número de días a la emergencia, a la floración y a la cosecha en vaina verde. Asimismo, se analizaron características de productividad, entre ellas la altura de la planta, el número de vainas por planta, la longitud de vaina, rendimiento en vaina verde, el índice de cosecha y la rentabilidad económica. Los resultados mostraron que la variedad Jade fue 5.8 días a la emergencia, a la densidad de 83 250 pl ha⁻¹; 33.3 días a la floración a densidad de 250 000 pl ha⁻¹. En relación a la productividad, en la menor densidad 83 250 pl ha⁻¹ se obtuvieron mejores resultados en altura de planta (49.15 cm), número de vainas por planta (17.33), longitud de vaina (18.47 cm),

número de granos por vaina (7.64) y peso promedio de 10 vainas (12.38 g). Sin embargo, el mayor rendimiento (16 880.17 kg ha⁻¹), en vaina verde se obtuvo con la mayor densidad (250 000 pl ha⁻¹), e igualmente mayor índice de cosecha en ambas variedades. En términos económicos, la variedad Hamer con una densidad de 125 000 pl ha⁻¹ ofreció la mayor rentabilidad, con 79.1%.

Palabras clave: Densidad de plantas, variedades, *Phaseolus vulgaris* L., rendimiento.

ABSTRACT

This research was carried out to determine the influence of three plant densities on the yield of two varieties of string bean, under the conditions of the Canaán Experimental Center at 2,750 meters above sea level in Ayacucho. A Randomized Complete Block Design (RCBD) was used, with a factorial arrangement of 3 plant densities x 2 string bean varieties; (D) being 250,000, 125,000, and 83,250 pl ha⁻¹ and (V) string bean varieties: Jade and Hamer, with 6 treatments and 3 replications. The variables evaluated included precocity characteristics, such as

the number of days to emergence, flowering, and green pod harvest. In addition, productivity characteristics were analyzed, including plant height, number of pods per plant, pod length, green pod yield, harvest index, and economic profitability. The results showed that the Jade variety was 5.8 days to emergence at a density of 83,250 pl ha⁻¹; 33.3 days to flowering at a density of 250,000 pl ha⁻¹. In relation to productivity, at the lowest density of 83,250 pl ha⁻¹, the best results were obtained in plant height (49.15 cm), number of pods per plant (17.33), pod length (18.47 cm), number of grains per pod (7.64), and average weight of 10 pods (12.38 g). However, the highest yield (16,880.17 kg ha⁻¹) in green pods was obtained at the highest density (250,000 pl ha⁻¹), and also a higher harvest index in both varieties. In economic terms, the Hamer variety, with a density of 125,000 pl ha⁻¹, offered the highest profitability, with 79.1%

Keywords: Plant density, varieties, *Phaseolus vulgaris L.*, yield.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el frijol vainita (*Phaseolus vulgaris L.*) no es un cultivo destacado en cuanto a volumen de producción a nivel mundial, pero posee un valor nutricional considerable. Es una fuente de proteínas (2-3 %), fibra (2.3 %), carbohidratos (8.1%) y

contiene bajos niveles de grasa (0.2-0.4 %). Además, aporta vitaminas (ácido ascórbico, niacina, tiamina y Riboflavina), minerales (potasio, calcio, fósforo y hierro) y aminoácidos esenciales (leucina, isoleucina, valina y lisina) (Lozano, 2024).

La estadística de producción nacional de frijol vainita es alrededor de 22 241 toneladas anuales, en 2 579 hectáreas, con un rendimiento nacional promedio anual de 8.13 t ha⁻¹. Sin embargo, la vainita que se consume en el país proviene mayormente de los departamentos de Tacna (7.3 t ha⁻¹), Lima (7.63 t ha⁻¹), Arequipa (11.5 t ha⁻¹), Ica (13.25 t ha⁻¹) y La libertad (13.4 t ha⁻¹). En Ayacucho se registra 19 hectáreas de cultivo con un rendimiento de 5.84 t ha⁻¹ (MIDAGRI, 2024).

Las vainitas son un cultivo adaptable a diferentes suelos y climas, con un ciclo de vida corto, lo que las hace aptas para sistemas de rotación de cultivos. Su cosecha requiere un arduo trabajo manual, lo que genera empleo en la comunidad.

Las leguminosas en general, y el frijol vainita en particular, poseen características que benefician el suelo, dado que captura nitrógeno mediante bacterias del grupo *Rhizobium* y puede servir como un gran abono orgánico gracias a su elevada biomasa; ofreciendo múltiples ventajas como controlar la humedad y la temperatura del terreno (Mori, 2017).

El rendimiento de los cultivos puede verse influenciado por factores como el manejo agrícola, el genotipo de la planta y las condiciones ambientales. Estudiar estos componentes es esencial para comprender las razones detrás de las variaciones en la productividad de los cultivos. Para Calero et al., (2021), la densidad de plantas es crucial en investigaciones agrícolas porque directamente influye en el rendimiento y la productividad de un cultivo; y para Miranda et al., (2016), otro factor muy importante en el rendimiento productivo son las diferentes variedades en estudio, porque permiten estudiar la influencia de la genética en características como la resistencia a plagas, la adaptación a diferentes suelos y climas, el rendimiento productivo y la calidad del producto.

Por lo tanto, la problemática de los bajos rendimientos en el cultivo en la región plantea la necesidad de optimizar prácticas agrícolas fundamentales. Entre estas, destacan el manejo eficiente de la densidad de plantas y la adecuada selección de variedades, factores que influyen de manera significativa en el rendimiento productivo. Por ello, Se planteo los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar el efecto de la densidad de plantas y las variedades en el rendimiento en vaina verde de frijol vainita.

Objetivos específicos

1. Determinar la influencia de la densidad de plantas en el rendimiento de vaina verde en dos variedades de frijol vainita.
2. Determinar la influencia de las variedades en el rendimiento en vaina verde de frijol vainita.
3. Determinar el análisis de rentabilidad económica de los tratamientos

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo se realizó en el Centro Experimental Canaán, ubicada en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho a una altitud de 2 750 msnm; cuyas características geográficas son: Longitud Oeste 74°32'14" y Latitud Sur 13°08'05".

2.2. Antecedentes del terreno

En la campaña anterior, el terreno experimental, fue utilizado para el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) y beterraga (*Beta vulgaris*), aplicándose como abono de base Guano de Islas, lo que implicó una producción continua.

2.3. Análisis físico y químico del suelo

Para el análisis físico-químico se realizó un muestreo del suelo a una profundidad de 0.20 m, por el método convencional, logrando

aproximadamente un kilo de muestra, el mismo que fue llevado al Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes “AGROLAB”.

Conforme a los criterios establecidos por Ibáñez y Aguirre (1983), se afirma que el suelo tiene un pH moderadamente alcalino (7.93), contenido medio de materia orgánica (2.03%) y de nitrógeno total (0.10%, contenido medio de fósforo disponible (17.7 ppm), contenido muy alto de potasio disponible (151 ppm), una C.I.C. alta (25.31). En cuanto al análisis físico, se determinó que la textura del suelo corresponde a franco arcillo arenoso.

A partir de los hallazgos del análisis químico y las necesidades de la planta, se calculó y utilizó un nivel de fertilización de 130-90-00, empleándose como abono de fondo la pollinaza, complementada con una fertilización química con urea (46% N) y fosfato diamónico (18%N, 46% P₂O₅). La fertilización nitrogenada fue fraccionada en dos, la primera mitad a la siembra y la otra mitad al momento del aporque.

2.4. Características climáticas

Los datos meteorológicos se obtuvieron de la Estación Meteorológica de Canaán, perteneciente al Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA, el cual está ubicado en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, a una altitud de 2 735 msnm.

Estos datos sirvieron para la elaboración del balance hídrico de acuerdo a la metodología propuesto por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERM, 1968). La precipitación total anual fue de 695 mm, la cual indica que fue una temporada con mayor precipitación comparada a los años anteriores. El balance hídrico indica un déficit de humedad en los meses de julio a octubre del 2023 y abril y junio de 2024; mientras que el exceso de humedad se presentó en los meses de noviembre de 2023 a marzo y mayo de 2024.

2.5. Factores en estudio

Los factores en estudiados fueron los siguientes:

a) Variedades de Frijol vainita (V)

- **v1:** variedad Jade
- **v2:** variedad Hamer

b) Densidades de plantas (D)

- **d1:** 250 000 pl ha⁻¹ (0.80 m x 0.10 m x 2pl)
- **d2:** 125 000 pl ha⁻¹ (0.80 m x 0.20 m x 2pl)
- **d3:** 83 250 pl ha⁻¹ (0.80 m x 0.30 m x 2pl)

2.6. Tratamientos en estudio

Los tratamientos fueron el resultado de la combinación de los dos factores en estudio (3 densidades de plantas x 2 variedades de frijol vainita), haciendo un total de 6 tratamientos.

Tabla 2.2

Tratamientos y combinaciones de los factores a estudiar

Tratamientos	Código	Descripción
T1	v1 * d1	(Variedad Jade* 250 000 pl ha ⁻¹)
T2	v1 * d2	(Variedad Jade* 125 000 pl ha ⁻¹)
T3	v1 * d3	(Variedad Jade* 83 250 pl ha ⁻¹)
T4	v2 * d1	(Variedad Hamer * 250 000 pl ha ⁻¹)
T5	v2 * d2	(Variedad Hamer * 125 000 pl ha ⁻¹)
T6	v2 * d3	(Variedad Hamer * 83 250 pl ha ⁻¹)

2.7. Diseño experimental

Se utilizó el Diseño de Bloque Completo Randomizado (DBCR) con arreglo factorial 3D*2V (3 densidades de plantas, 2 variedades de frijol vainita) con tres repeticiones, haciendo un total de 18 unidades experimentales; siendo el Modelo Aditivo Lineal el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

2.8. Análisis estadístico

En base a los datos de campo obtenidos, se realizó un análisis correspondiente que incluye análisis de varianza (ANVA) y prueba de contraste de Tukey (0,05) para cada variable evaluado.

2.9. Variables de evaluación

2.9.1. Variable de precocidad

Se realizó una evaluación de las fases del ciclo fenológico de los cultivares en análisis, desde la emergencia hasta la madurez de cosecha, expresados en número de (dds).

a) Días a la emergencia

Se evalúa el periodo de tiempo desde la siembra hasta que más del 50% de plántulas hayan emergido en la superficie del terreno experimental.

b) Días a la floración

Se considera el periodo de tiempo en días después de la siembra hasta que se observen las primeras flores en más del 50% de las plantas instaladas en cada unidad experimental.

c) Días a la cosecha en vaina verde

Se considera el período de días desde la siembra hasta que se verifique que más del 50 % de las vainas sean aptas para la cosecha, situación que sucede cuando estas vainas están bien estructuradas, sin restricciones claras entre las semillas, las cuales deben ser pequeñas e inmaduras.

2.9.2. Variable de rendimiento

a) Altura de planta

Esta evaluación se realizó al momento de la de madurez fisiológica, para la cual se utilizó una cinta métrica, midiéndose desde el cuello de la planta hasta el ápice de la planta.

b) Número de vainas por planta

Se contabilizó el número de vainas, durante el proceso de cosecha en cada parcela, para lo que se eligieron 10 plantas de forma aleatoria.

c) Longitud de vainas

Se evaluó en cada parcela durante la madurez fisiológica, para lo que se usó una

cinta métrica. Se tomaron un total de 10 vainas, de cada unidad experimental seleccionadas de manera aleatoria.

d) Rendimiento en vaina verde

Se registraron las cosechas en la etapa de madurez comercial en tres ocasiones de manera escalonada y progresiva, con el objetivo de conseguir la cosecha total de vainas por parcela, que posteriormente se extrapola a una hectárea expresándolo en kg ha⁻¹.

e) Índice de cosecha

Para la determinación del índice de cosecha, se utilizó la siguiente relación:

$$IC = \frac{(\text{Peso fresco de vaina})}{(\text{Peso de follaje} + \text{vainas})} * 100$$

f) Rentabilidad económica

La rentabilidad se determinó utilizando la fórmula:

$$R = \frac{(\text{Utilidad})}{(\text{Costo total})} * 100$$

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Variables de precocidad

3.1.1. Días a la emergencia

El tiempo de emergencia de las plantas varió entre 5.7 y 7.0 días después de la siembra, dependiendo de la variedad y la densidad de plantas.

En general, la variedad Jade presentó una emergencia más temprana, con un promedio de 5.8 días, mientras que la variedad Hamer

mostró una emergencia más tardía, con un promedio de 6.7 días, como se observa en la tabla 3.1.

Asimismo, cabe señalar que a una densidad de 83 250 pl ha⁻¹, ambas variedades mostraron una emergencia ligeramente más precoz en comparación a una densidad de 250 000 pl ha⁻¹, lo que indica una leve ventaja en condiciones de menor competencia intraespecífica.

Tabla 3.1

Número de días a la emergencia de dos variedades de frijol vainita con tres densidades de plantas. Canaán, 2 750 msnm.

Bloques	Jade			Hamer		
	d1	d2	d3	d1	d2	d3
	(250000 pl ha ⁻¹)	(125000 pl ha ⁻¹)	(83250 pl ha ⁻¹)	(250000 pl ha ⁻¹)	(125000 pl ha ⁻¹)	(83250 pl ha ⁻¹)
I	6.0	6.0	6.0	7.0	7.0	6.0
II	6.0	6.0	5.0	7.0	6.0	7.0
III	6.0	5.0	6.0	7.0	7.0	6.0
Sumatoria	18.0	17.0	17.0	20.0	21.0	19.0
Promedio D	6.0	5.7	5.7	7.0	6.7	6.3
Promedio V		5.8			6.7	

Los días transcurridos desde la siembra a la emergencia son ligeramente más precoces en comparación con los resultados obtenidos por Carita (2016), quien reportó un promedio de 7 días después de la siembra para la variedad Jade a una altitud de 3 864 msnm bajo invernadero. Este comportamiento más tardío podría atribuirse a las condiciones climáticas propias de dicha altitud, como la

temperatura y la radiación solar.

3.1.2. Días a la floración

Según la tabla 3.2 el tiempo transcurrido a la floración, osciló entre 33.8 y 35.0 días después de la siembra, en promedio, para las variedades Jade y Hamer, respectivamente.

Además, se observa que a mayor densidad de plantas d1 (250 000 pl ha⁻¹), ambas variedades mostraron una floración ligeramente más temprana.

Tabla 3.2

Número de días a la floración de dos variedades de frijol variedades con tres densidades de plantas. Canaán, 2 750 msnm.

Bloques	Jade			Hamer		
	d1 (250000 pl ha ⁻¹)	d2 (125000 pl ha ⁻¹)	d3 (83250 pl ha ⁻¹)	d1 (250000 pl ha ⁻¹)	d2 (125000 pl ha ⁻¹)	d3 (83250 pl ha ⁻¹)
I	33.0	34.0	34.0	35.0	35.0	36.0
II	33.0	33.0	34.0	34.0	35.0	35.0
III	34.0	34.0	35.0	35.0	35.0	35.0
Sumatori						
a	100.0	101.0	104.0	104.0	105.0	106.0
Promedio						
D	33.3	33.7	34.3	34.7	35.0	35.3
Promedio						
V		33.8			35.0	

3.1.3. Días a la cosecha en vaina verde

Según los resultados indicados en la tabla 3.3, se puede observar que el tiempo transcurrido a la cosecha en vaina verde osciló desde los 62 a los 72 días después de la siembra, para la variedad Jade, mientras que en la variedad Hamer desde los 65 a los 72 días. Este comportamiento evidencia que la

variedad Jade inició la cosecha de manera más precoz. Esta diferencia podría atribuirse a la mayor precocidad genética de la variedad Jade, así como a su mejor adaptación a condiciones de competencia.

Tabla 3.3

Número de días a la cosecha en vaina verde de dos variedades de frijol vainita con tres densidades de plantas. Canaán, 2 750 msnm.

Bloques	Jade			Hamer		
	d1 (250000 pl ha ⁻¹)	d2 (125000 pl ha ⁻¹)	d3 (83250 pl ha ⁻¹)	d1 (250000 pl ha ⁻¹)	d2 (125000 pl ha ⁻¹)	d3 (83250 pl ha ⁻¹)
Inicio						
de	62	62	62	65	65	65
cosecha						
Fin de						
cosecha	72	72	72	72	72	72

De acuerdo a los resultados, las dos variedades de frijol vainita presentaron un periodo de cosecha ligeramente tardío, con ciclos que alcanzaron hasta los 72 días. Este periodo se prolonga algunos días de más en comparación con el promedio de 55 a 70 días después de la siembra registrado en Huaral, a una altitud de 180 msnm, reportado por Verde (2022). Tal diferencia podría deberse a las diferentes condiciones climáticas asociadas a la variación de altitud entre ambas zonas.

Por otro lado, se puede coincidir con lo señalado por Huaraya (2013), quien indicó que el cultivo de la vainita, al ser una variedad de frijol destinada al consumo como vaina verde, su periodo de cosecha a una altitud de 2 712 msnm oscila

aproximadamente hasta los 75 días después de la siembra.

3.2. Variables de Rendimiento

3.2.1. Altura de planta

En la tabla 3.4, se presenta el análisis de varianza de la altura de planta, en el cual se evidenció una alta diferencia estadística entre las densidades de plantas como en la interacción (densidades x variedades), lo que indica que la respuesta en altura de planta varió significativamente según la combinación de ambos factores. El coeficiente de variabilidad fue de 6.03 %, lo que indica que los datos son bastante estables en cuanto a su evaluación.

Tabla 3.4

Análisis de variancia de la altura de planta en tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2 750 msnm.

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	2	1.48	0.74	8.67	0.0065 **
Densidad (D)	2	147.62	73.81	864.98	<0.0001**
Variedad (V)	1	0.09	0.09	1.10	0.3189 ns
Interacción (D*V)	2	3.71	1.86	21.76	0.0002 **
Error	10	0.85	0.09		
Total	17	153.77			

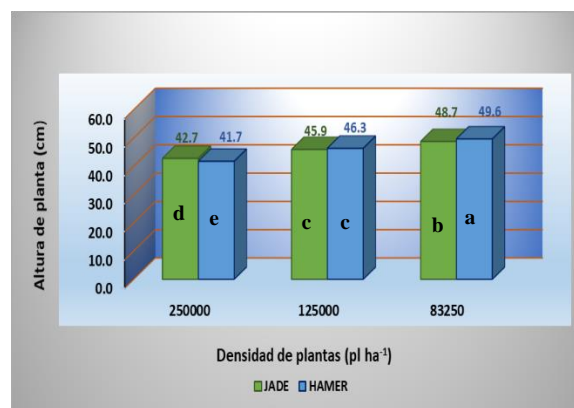
C.V = 6.03 %

Según los resultados de la prueba Tukey (Figura 3.1), se determinó que la mayor altura de planta se alcanzó con una densidad de plantas d3 (83 250 pl ha⁻¹) en las dos variedades, con promedios de 49.60 y 48.70

cm para la variedad Hamer y Jade, respectivamente, mostrando diferencias significativas entre ellas; por otro lado a una densidad de plantas d2 (125 000 pl ha⁻¹), no hay diferencia entre las variedades en estudio; sin embargo a una densidad d1 (250 000 pl ha⁻¹), sí se evidenció una diferencia entre las dos variedades en estudio.

Figura 3.1

Prueba de Tukey de la altura de planta en tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2 750 msnm.



Quispe (2017), reportó un promedio de 41.24 cm de altura de planta a una altitud de 2 550 msnm utilizando una densidad de plantas d3 (400 000 pl ha⁻¹) con un distanciamiento de 10 x 50 cm en la variedad Jade, Este valor es inferior al encontrado en el presente estudio, lo cual podría deberse a la mayor competencia entre plantas generada por la elevada densidad poblacional.

Por otro lado, Lozano (2024) reportó promedios de 44.0 cm frente a 40.5 cm de altura de planta, con densidades de plantas de 142 857 pl ha⁻¹ y 214 286 pl ha⁻¹, con distanciamientos de 0.70 x 0.3 m y 0.7 x 0.2

m en la variedad Jade, respectivamente, a una altitud de 620 msnm. Al comparar estos resultados con los obtenidos en el presente estudio, se observa que son inferiores, debido quizá al manejo distinto del número de plantas por golpe o a las diferencias en las condiciones climáticas asociadas a la altitud.

3.2.2. Número de vainas por planta

En la Tabla 3.5 se presenta el análisis de varianza para el número de vainas por planta de los tratamientos en estudio. Donde se observa una alta diferencia significativa entre las densidades en estudio, y una diferencia significativa entre las variedades como en la interacción densidades x variedades.

El coeficiente de variación fue de 13.32 %, lo que refleja una buena confianza en los datos.

Tabla 3.5

Análisis de variancia del número de vainas por planta en tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2 750 msnm.

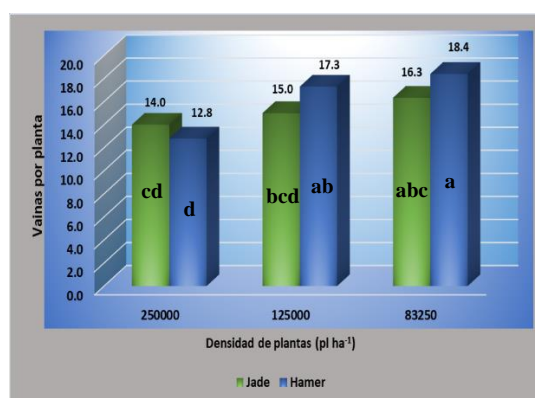
F. Variación	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	2	1.00	0.50	0.45	0.6472 ns
Densidad (D)	2	46.33	23.17	21.06	0.0003 **
Variedad (V)	1	5.56	5.56	5.05	0.0484 *
Interacción (D*V)	2	10.11	5.06	4.60	0.0384 *
Error	10	11.00	1.10		
Total	17	74.00			

C.V = 13.32 %

Según la prueba de Tukey (Figura 3.2), se determinó que el mayor número de vainas por planta se obtuvo con la densidad d3 (250 000 pl ha⁻¹) y d2 (125 000 pl ha⁻¹) en la variedad Hamer, con promedios de 18.40 y 17.33 vainas por planta, respectivamente, evidenciándose diferencias significativas entre ellas. La variedad Jade mostró un comportamiento similar, aunque con valores ligeramente inferiores en las mismas densidades; sin embargo, al incrementar la densidad a d1 (250 000 pl ha⁻¹) se observó una disminución en el número de vainas por planta en la Jade (14.0 vainas) y Hamer (12.8 vainas), mostrándose una diferencia ligera entre ellas.

Figura 3.2

Prueba de Tukey del número de vainas por planta en tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2 750 msnm.



Como se muestra en la figura 3.2, el número de vainas por planta varió significativamente según la densidad de plantas y la variedad de frijol vainita. En ambas variedades, se

observó una tendencia decreciente en la producción de vainas por planta a medida que aumentaba la densidad de plantas, esto puede ser a causa de que, a mayores densidades de plantas existe una mayor competencia por el agua, nutrientes y luz, afectando negativamente el rendimiento individual.

Con respecto al factor densidad de plantas, Jaimes (2019), reporta en promedio 13.57 vainas por planta a una altitud de 1 920 msnm con una densidad de 85 714 pl ha⁻¹, siendo este, inferior al obtenido en el presente estudio, lo cual podría deberse al manejo de 3 plantas por golpe en el estudio de Jaimes en comparación de 2 plantas por golpe utilizadas en el presente trabajo.

No obstante, los resultados encontrados también son considerablemente inferiores a los reportados por Justo (2017), quien registró en promedio 28.25 vainas por planta para la variedad Jade también a una altitud de 1 920 msnm, utilizando una densidad de plantas de 107 143 pl ha⁻¹ con un distanciamiento de 0.80 m x 0.35 m, posiblemente estos resultados superiores se deban al nivel de fertilización química y orgánica aplicada en su investigación.

Cepeda (2012), registró un promedio de 14 vainas por planta para la variedad Jade, a una altitud de 8 msnm y con una densidad de plantas de 222 222 pl ha⁻¹. Este valor se encuentra por debajo de los promedios

obtenidos en la presente investigación, debido posiblemente a las diferencias en las densidades de plantas, así como la influencia de los factores agroclimáticos asociados a la altitud de cada zona de estudio.

Por otro lado, los resultados del presente estudio no coinciden con los de Bosque (2016), quien señaló que, al utilizar mayores densidades de plantas, se obtienen mayores promedios en el número de vainas por planta.

3.2.3. Longitud de vainas

En la tabla 3.6, correspondiente al análisis de varianza de la longitud de vainas, se observa diferencias de alta significación únicamente entre las densidades de plantas en estudio, con un coeficiente de variabilidad del 15.94 %, se indica homogeneidad y precisión del experimento.

Tabla 3.6

Análisis de variancia de longitud de vainas en tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2 750 msnm.

F.	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Variación					
Bloque	2	1.24	0.62	3.61	0.0660 ns
Densidad (D)	2	99.90	49.95	290.59	<0.0001**
Variedad (V)	1	0.50	0.50	2.91	0.1189 ns
Interacción (D*V)	2	0.69	0.35	2.02	0.1837 ns
Error	10	1.72	0.17		
Total	17	104.05			

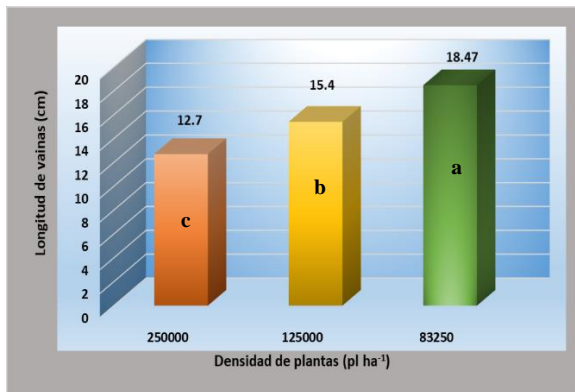
C.V = 15.94 %

De acuerdo con los resultados de la prueba

de Tukey (Figura 3.3), se determinó que la mayor longitud de vaina se obtuvo con una densidad d3 (83 250 pl ha⁻¹), con un promedio de 18.47 cm, mientras que con densidades d2 (125 000 pl ha⁻¹) y d1 (250 000 pl ha⁻¹) se registraron 15.40 y 12.70 cm de longitud de vaina, respectivamente, evidenciando diferencias entre ellas.

Figura 3.3

Prueba de Tukey de la longitud de vainas del frijol vainita con tres densidades de plantas. Canaán, 2 750 msnm.



Cabe resaltar que, a densidades de 83 250 pl ha⁻¹ y 125 000 pl ha⁻¹ se obtuvieron promedios de longitud de vaina, de 18.47 y 15.40 cm, respectivamente, siendo superiores a los reportados por Lozano (2024), quien obtuvo longitudes promedias de 15.55 y 15.01 cm a 620 msnm, con densidades de 142 857 pl ha⁻¹ y 214 286 pl ha⁻¹, respectivamente. Siendo posible explicación de estas diferencias, las distintas densidades de plantas utilizadas en ambos estudios.

De manera similar, Justo (2017) reportó un

promedio de 8.44 cm en la longitud de vainas a una altitud de 1 920 msnm, utilizando una densidad de plantas de 107 143 pl ha⁻¹ con un distanciamiento de 0.80 x 0.35 m, valor que resulta inferior a los obtenidos en el presente estudio. Dentro de las posibles causas de estos resultados podrían estar relacionadas, en primer lugar, a las diferentes densidades de plantas utilizadas y, en segundo lugar, a los factores agroclimáticos asociados a la altitud.

Jaimes (2019), reportó en promedio 13.57 cm en la longitud de vainas a 1 920 msnm, con una densidad de 107 143 pl ha⁻¹, y con un distanciamiento de 0.80 m x 0.35 m x 3. Este resultado fue inferior a los obtenidos en el presente estudio. Una posible explicación de esta diferencia podría ser la mayor competencia por nutrientes, luz y agua en el estudio de Jaimes, debido a que dicho autor utilizó 3 plantas por golpe, mientras que en este presente trabajo se manejaron solo 2 plantas por golpe.

3.2.4. Rendimiento en vaina verde

La tabla 3.7, muestra el análisis de varianza del rendimiento en vaina verde, en el cual se observó diferencias de alta significancia entre las densidades de plantas, lo que indica que este factor influyó de manera determinante, con un coeficiente de variabilidad del 16.3 %, se indica un grado adecuado de homogeneidad y precisión del experimento.

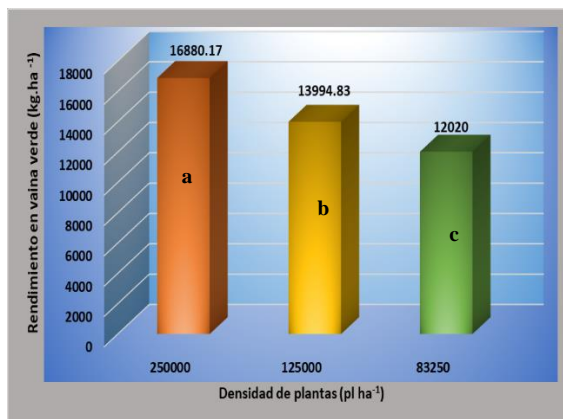
Tabla 3.7
Análisis de variancia del rendimiento en vaina verde con tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2 750 msnm.

F. Variación	G. L	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	2	5818360.33	2909180.2	2.8	0.1063 ns
Densidad (D)	2	71692670.33	35846335.2	34.8	<0.0001**
Variedad (V)	1	2275555.56	2275555.6	2.2	0.1678 ns
Interacción (D*V)	2	2267840.11	1133920.1	1.1	0.3694 ns
Error	10	10288577.67	1028857.8		
Total	17	92343004.00			

C.V = 16.3 %

Según la prueba de Tukey (Figura 3.4), se encontró que el mayor rendimiento en vaina verde del frijol vainita se obtuvo con una densidad de 250 000 pl ha⁻¹, alcanzando un promedio de 16 880.17 kg ha⁻¹, mientras que con densidades de 125 000 pl ha⁻¹ y 83 250 pl ha⁻¹ se encontraron 13 994.8 kg ha⁻¹ y 12 020 kg ha⁻¹, respectivamente, existiendo diferencia estadística entre las tres densidades de plantas.

Figura 3.4
Prueba de Tukey del rendimiento en vaina verde de frijol vainita con tres densidades de plantas. Canaán, 2 750 msnm.



Lozano (2024) indica que no existen diferencias estadísticas en cuanto al rendimiento a diferentes densidades de plantas, obteniendo un rendimiento 11 654 kg ha⁻¹ a 620 msnm y la incorporación de 6 t ha⁻¹ de gallinaza, utilizando una densidad de plantas de 142 857 pl ha⁻¹, siendo este un resultado inferior a los obtenidos en este estudio. Una posible causa de estos resultados pueda deberse a los diferentes factores agroclimáticos existentes a las altitudes de estudio.

Asimismo, Quispe (2017) obtuvo un rendimiento promedio de 15.67 t ha⁻¹ a una altitud de 2 550 msnm con una densidad de 666 666 pl ha⁻¹ y un distanciamiento de 10 x 30 cm, además de la incorporación de 2 kg/m² de abono de ovino. Este rendimiento también resultó ligeramente inferior al obtenido en el presente estudio, posiblemente debido a la mayor densidad poblacional de plantas utilizada por el autor en su investigación.

Justo (2017), utilizando una densidad de 107 143 pl ha⁻¹ con un distanciamiento de 0.80 x 0.35m entre surcos y golpes, respectivamente, reportó un rendimiento de 17 482.14 kg ha⁻¹ a una altitud de 1 920 msnm, siendo un valor superior al obtenido en el presente estudio. Esta diferencia podría deberse principalmente al nivel de fertilización con 50-80-90 de NPK y compost que incorporo dicho autor en su investigación.

Por otro lado, Huaraya (2013), utilizando un distanciamiento 30 cm entre surcos, obtuvo

un rendimiento de 21 106.6 kg ha⁻¹ a una altitud de 2 712 msnm, resultado que supera a lo obtenido en el presente estudio. Dicha causa de esta diferencia podría deberse a los niveles de nitrógeno incorporados por el autor en el manejo de su investigación.

Asimismo, varios autores, como Bosque (2016) y Jaimes (2019), si bien evaluaron sus rendimientos en grano seco, se coincide que a mayores densidades de plantas por hectárea se obtienen rendimientos superiores en comparación con densidades más bajas.

3.2.5. Índice de cosecha

En la tabla 3.8 se muestra el análisis de varianza del índice de cosecha, en la que se encontró una alta significancia estadística entre los factores de densidad de plantas, así como en la interacción entre densidades x variedades; además de diferencias significativas entre las variedades evaluadas. Esto indica que tanto las variedades como las diferentes densidades de plantas y su interacción, tuvieron un efecto en el resultado del índice de cosecha del frijol vainita. Con un coeficiente de variación del 6.87 %, se indica un alto grado de homogeneidad entre las unidades de análisis y refleja una consistencia apropiada en el experimento.

Tabla 3.8

Análisis de varianza del índice de cosecha con tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2 750 msnm.

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	2	0.25	0.12	0.48	0.6301 ns
Densidad (D)	2	107.6	53.82	208.34	<0.0001**
Variedad (V)	1	1.68	1.68	6.51	0.0288*
Interacción (D*V)	2	21.8	10.92	42.29	<0.0001**
Error	10	2.58	0.26		
Total	17	134.01			

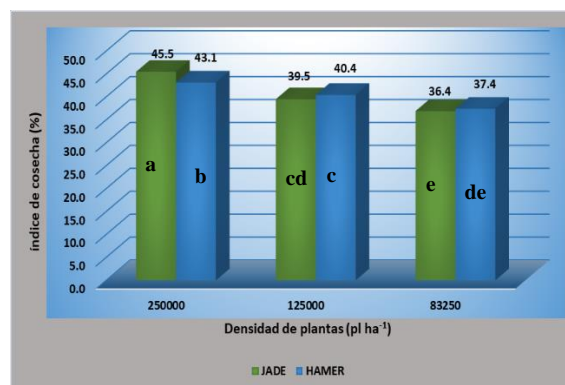
C.V = 6.87 %

Según la prueba de Tukey (Figura 3.5), se observó que los valores más altos de los índices de cosecha se obtuvieron con una densidad de plantas d1 (250 000 pl ha⁻¹), con promedios de 45.47% y 43.13% en la variedad Jade y Hamer, respectivamente.

Asimismo, se puede observar que con las densidades d2 (125 000 pl ha⁻¹) y d3 (83 250 pl ha⁻¹) en ambas variedades evaluadas no presentaron altas diferencias significativas entre sí, obteniendo promedios de 40.40% y 37.4% para la Hamer y de 39.5%, 36.4% para la Jade, respectivamente.

Figura 3.5

Prueba de Tukey del índice de cosecha en tres densidades de plantas y dos variedades de frijol vainita. Canaán, 2 750 msnm.



Los resultados de la investigación evidencian una diferencia estadística

significativa entre las distintas variedades analizadas, siendo principalmente tal diferencia entre las densidades de plantas y asimismo mostrando una superioridad de la variedad Hamer en las dos más bajas densidades; sin embargo, a una d1 (250 000 pl ha⁻¹) la variedad Jade tendió a superar a la Hamer, lo que indica una mejor adaptación de esta variedad a condiciones de alta densidad de población.

Considerando los resultados obtenidos en el estudio, es posible sugerir que esta diferencia se atribuye a factores genéticos, densidad de plantas, disponibilidad de nutrientes, el nivel de tolerancia propio de cada variedad, así como a condiciones climáticas y características del suelo.

3.1.1. Rentabilidad económica

Según los resultados (Tabla 3.9), la mayor rentabilidad se obtuvo con la variedad Hamer a una densidad de d2 (125 000 pl ha⁻¹) y d1 (25 0000 pl ha⁻¹), con valores de 79.1 y 76.3 %, que equivale a decir que por cada S/ 100 invertidos, se genera una ganancia neta de S/ 79.1 y S/ 76.3 respectivamente. Por ende, la variedad Hamer, se posiciona como alternativa económicamente favorable, particularmente cuando se cultiva con densidades de siembra intermedias o altas.

Tabla 3.9

Costos de producción, beneficio Bruto y Rentabilidad económica de los diferentes tratamientos en el cultivo de frijol vainita (Phaseolus vulgaris L.). Canaán, 2 750 msnm – Ayacucho, 2024.

	Tratamientos			Rendimiento (vainas)	
	Distancia entre surcos y golpes (cm)	Densidad de plantas/ha	Variedad	kg ha ⁻¹	t ha ⁻¹
T5	80*20	125 000	Hamer	14 498	14.5
T4	80*10	250 000	Hamer	16 747	16.7
T6	80*30	83 250	Hamer	12 717	12.7
T1	80*10	250 000	Jade	17 014	17
T2	80*20	125 000	Jade	13 491	13.5
T3	80*30	83 250	Jade	11 323	11.3

Trat.	Costos de Producción (S/.)			Ingreso (S/.)	Beneficio Bruto (S/.)	Rentabilidad (%)
	Costo variable	Costo Fijo	Costo total	Ventas (S/ 2.50 - kg)		
T5	18 187.8	2 046.9	20 237.1	36 245.7	16 008.5	79.1
T4	21 525.5	2 211.3	23 741.8	41 866.3	18 124.5	76.3
T6	16 340.7	1 957	18 297.8	31 792.5	13 494.8	73.8
T1	23 222.2	2 296.1	25 523.3	42 534.7	17 011.4	66.7
T2	18 236.1	2 049.3	20 287.9	33 728.3	13 440.4	66.2
T3	15 855.8	1 932.8	17 788.6	28 307.3	10 518.7	59.1

CONCLUSIONES

1. Se encontró que a mayores densidades como (250 000 pl ha⁻¹) se obtienen mayores rendimientos en vaina verde con respecto a menores densidades.
2. No se encontró diferencias estadísticas en el rendimiento en vaina verde entre las variedades Jade y Hamer, lo que indica un comportamiento productivo similar, bajo las condiciones agroclimáticas del área de estudio.
3. La mayor rentabilidad económica fue el tratamiento T5 (Variedad Hamer × 125 000 pl ha⁻¹), alcanzando un margen de rentabilidad del 79.1%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bosque, D. (2016). Evaluación del comportamiento productivo de dos variedades de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) en tres densidades de siembra en ambiente atemperado en la Estación Experimental de Cota Cota. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés, 127. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/10327>
- Calero, A., Pérez, Y., Quintero, E., González, Y., (2021). Densidades de plantas adecuadas para incrementar el rendimiento agrícola del arroz. Artículo de investigación, Centro Agrícola, 48(1), 28-36.
- Carita, L. (2016). Comportamiento agronómico de la vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo tres abonos orgánicos en ambiente protegido en la zona Vino Tinto del departamento de La Paz—Bolivia. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/10539>
- Cepeda, J. (2012). Adaptación y densidad de siembra del fréjol vainita *Phaseolus vulgaris* L. De comportamiento erecto variedad jade en la zona de Babahoyo. Tesis de grado. Universidad Técnica de Babahoyo. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/955>
- Huaraya, J. (2013). Efecto de cuatro niveles de fertilización nitrogenada y tres densidades de siembra en la producción de vainita (*Phaseolus vulgaris*) en la comunidad Vilaque Puya Puya de la provincia Muñecas. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/4030>
- Ibáñez, R. & Aguirre, G. (1983). Fertilidad de suelos. Manual de prácticas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Humanga. 136 p.
- Jaimes, W. (2019). Distanciamientos de siembra en el rendimiento de frijol vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad jade en condiciones edafoclimáticas de Cayhuayna Huánuco. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. <https://repositorio.unheval.edu.pe/item/82201c9d-045f-4a68-a7fd-32491e0067d2>
- Justo, J. (2017). Distanciamientos de siembra y la fertilización en el rendimiento del frijol vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad jade en condiciones edafoclimáticas del Instituto de Investigación Olerícola Frutícola Huánuco 2016. Tesis de pregrado.

- Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
<https://repositorio.unheval.edu.pe/item/d7cc7367-c28e-4c87-b646-5adf29e90505>
- Lozano, R. (2024). Densidad de plantas y niveles de gallinaza en el rendimiento de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.). San Francisco-La Mar-Ayacucho. Tesis de pregrado. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga
<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/6518>
- Miranda, L., López, C., Benítez, I., & Mejía, J., (2016). Desarrollo radical y rendimiento en diferentes variedades de trigo, cebada y triticale bajo condiciones limitantes de humedad del suelo. *Revista de investigación. Terra Latinoamericana*, 34(4), 393-407.
- Mori, B. (2017). Comparativo de seis cultivares de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de La Molina. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Agraria La Molina.
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/93f99d15-8e67-405e-9b60-df431be3fc49>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego-MIDAGRI. (2024). Perfil productivo Regional. Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias (SIEA).
https://siea.midagri.gob.pe/siea_bi/
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales-ONERN. (1968). Mapa Ecológico Del Perú.
<https://keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Maps/Mapa-Ecologico-Del-Peru-1976.pdf>
- Quispe, V. (2017). Comportamiento agronómico del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) con la aplicación de tres niveles de estiércol de ovino a diferentes densidades de siembra en la provincia Loayza La Paz. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés.
<http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/13657>
- Verde, E. (2022). Efecto de cinco productos no hormonales en la calidad y rendimiento del cultivo de *Phaseolus vulgaris* L. “vainita” en Huaral. Tesis de grado. Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión.
<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067>